ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1902,

PRÉSIDÉE PAR M. ALBERT GAUDRY.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Sur les impuretés de l'oxygène comprimé et sur leur rôle dans les combustions opérées au moyen de la bombe calorimétrique;* par M. BERTHELOT.

« 1. J'ai montré comment l'emploi de l'oxygène comprimé et de la bombe calorimétrique (¹) constituait une méthode universelle, d'une exécution facile et d'une précision très grande, dans les mesures relatives à la chaleur de combustion, tant au point de vue de la science théorique que des applications industrielles. Il en est ainsi à la condition que l'oxygène soit absolument exempt de toute substance combustible, condition qui n'est pas toujours réalisée, ainsi que je vais le rappeler. J'indiquerai d'abord comment on peut vérifier la pureté de l'oxygène à ce point de vue; puis je dirai comment on doit procéder dans les cas où elle est suspecte, spécialement avec l'oxygène comprimé vers 120 atmosphères que l'industrie fournit aujourd'hui aux laboratoires.

» 2. Observons que la présence de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique (ce dernier en petites quantités) n'offre aucun inconvénient pour les déterminations calorimétriques des chaleurs de combustion. Il est même utile, comme je l'ai expliqué, de saturer l'oxygène de vapeur d'eau, dans la bombe elle-même, avant la combustion; ce qui rend négligeables les effets calorifiques dus à la réduction en vapeur de l'eau produite par la combustion elle-même. Si l'on opérait avec de l'oxygène sec, il faudrait,

---

(¹) *Traité pratique de Calorimétrie chimique*, p. 127 et suiv.

en effet, tenir compte de la chaleur absorbée par cette vaporisation. On y obvie en plaçant à l'avance quelques grammes d'eau liquide dans l'intérieur de la bombe.

» 3. Je ne parlerai pas davantage de l'existence, constante d'ailleurs, d'un peu d'azote dans l'oxygène : ce qui fournit au cours des combustions une trace d'acide azotique, que l'on dose chaque fois, et dont on fait entrer la chaleur de formation comme correction dans les calculs ([1]).

» 4. Si l'on employait la combustion dans la bombe comme méthode de dosage du carbone et de l'hydrogène, ainsi que je l'ai indiqué, dans ce cas, il faudrait opérer avec de l'oxygène exempt d'acide carbonique et de vapeur d'eau, ce qui est d'ailleurs facile, et même d'azote, ce qui est plus délicat. Ces précautions sont inutiles pour les déterminations calorimétriques.

» 5. Il convient d'envisager spécialement la présence de l'hydrogène et des gaz ou vapeurs combustibles, résultant de la préparation ou de la compression de l'oxygène : la combustion de ces gaz dégage une certaine quantité de chaleur, qui devrait être retranchée des nombres observés.

» 6. Un tel accident est susceptible d'être observé lorsqu'on comprime soi-même l'oxygène à l'aide d'une pompe; ainsi que je le faisais il y a 20 à 25 ans, lors de mes déterminations relatives à la chaleur de combustion des gaz en particulier. En effet, j'ai signalé la formation, pendant cette compression, de petites quantités de vapeurs combustibles, aux dépens des matières grasses des soupapes de la pompe.

» 7. J'ai montré comment cette cause d'erreur pouvait être écartée, en faisant passer lentement l'oxygène comprimé à travers un tube de cuivre rouge très épais et maintenu à la température rouge. En opérant ainsi, l'hydrogène, l'oxyde de carbone, les vapeurs hydrocarbonées, si faible qu'en soit la proportion, sont brûlés exactement, sous les influences simultanées de l'oxygène et de l'oxyde de cuivre. Le gaz qui sort du tube est refroidi en traversant une spirale immergée sous l'eau, puis dirigé dans la bombe. Ce gaz est exempt de toute matière combustible; je m'en suis spécialement assuré.

» 8. Pour le succès de cette manipulation, il est indispensable que toutes les jonctions, depuis la pompe jusqu'à la bombe, soient exécutées avec des pièces de cuivre vissées, sans le moindre emploi de matières organiques, luts, etc. Le caoutchouc spécialement doit être évité, à cause de

---

([1]) *Traité de Calorimétrie chimique*, p. 127.

sa perméabilité aux gaz atmosphériques et à l'eau hygrométrique, et de son altérabilité par l'oxygène, même à la température ordinaire.

» 9. Depuis l'époque où l'oxygène comprimé a été livré couramment par l'industrie, je m'en suis servi d'une façon à peu près exclusive. Mais cet emploi ne va pas sans quelques risques, comme il va être dit, et je ne sais si les précautions nécessaires ont toujours été prises par les opérateurs; ce qui m'engage à entrer dans quelques détails à cet égard.

» 10. L'oxygène industriel a été tiré principalement, à ma connaissance, de trois sources : deux, le bioxyde de baryum, l'oxyde de manganèse joint à un hydrate alcalin, permettent de l'extraire d'une façon continue de l'air atmosphérique par un simple jeu de températures inégales. Depuis ces dernières années, on a eu recours de préférence à l'électrolyse de l'eau, dans des appareils munis de diaphragmes, de façon à séparer les deux gaz composants : oxygène et hydrogène.

» 11. Lorsqu'on opère avec les premiers agents et le concours de la chaleur, les impuretés peuvent consister dans des doses plus ou moins notables d'oxyde de carbone et des autres gaz de la combustion, mélangés après coup au sein des récipients. On en constate l'existence (après élimination préalable de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau) par les moyens connus, c'est-à-dire en pesant l'acide carbonique et l'eau régénérés, au sortir du gros tube de cuivre rouge.

» Le passage lent au travers de ce tube élimine les gaz combustibles, et l'oxygène sortant peut être mis en œuvre dans la bombe calorimétrique pour déterminer les chaleurs de combustion des corps renfermés dans celle-ci, par la méthode géuérale. Mais il faut recourir au tube de cuivre rouge dans chaque expérience; ce qui la complique et la ralentit beaucoup.

» 12. Reste l'oxygène électrolytique : celui-ci est exposé à contenir de l'hydrogène, en dose variable et qui dépend du fonctionnement plus ou moins parfait des diaphragmes. Le procédé qui précède demeure évidemment applicable. Mais, quand la dose de l'hydrogène est très petite, il est préférable de la déterminer, une fois pour toutes les expériences de combustion exécutées avec le même tube à oxygène comprimé, et d'en déduire un coefficient de correction, faible d'ailleurs, applicable à ce groupe d'expériences.

» 13. Les essais qui suivent préciseront la marche dans les cas de ce genre.

» I. *Vérifications*. — 4^l d'air, sous la pression normale, séché et privé de CO^2 préalablement par le passage à travers les tubes ordinaires, puis

dirigé à travers le tube de cuivre chauffé au rouge, pendant 3 heures. 2 expériences :

	1.	2.	
Tubes à ponce sulfurique....	Perte : 0,0005 g	Gain : 0,0006 g	Eau formée nulle.
Tube à KOH concentrée......	Perte : —0,0124	» : —0,0118	CO^2 formé nul.
2ᵉ tube à CaO sodée.........	Gain : +0,0121	» : +0,0113	

» II. *Oxygène comprimé*. — Préparé par les anciennes méthodes, 8ˡ, sous la pression 0ᵐ,76, en 5 heures. Ce volume de 8ˡ représente le poids d'oxygène comprimé que renfermerait la bombe sous la pression de 25 atmosphères.

Eau..........................	Gain : +0,0005
CO^2...........................	Nul.

» III. *Oxygène électrolytique comprimé*. — 8ˡ (sous la pression 0ᵐ,76) en 5 heures. Trois essais distincts :

	1.	2.		3.	Moyenne.
Eau.....................	0g,0041	0g,0046		0g,0048	0g,0045
CO^2, Tube à chaux sodée..	+0g,0002	+0,0003	1ᵉʳ tube à KOH liq..	—0,0554	Sensiblement nul.
			2ᵉ tube à CaO sodée.	+0,0560	
				+0,0006	

» Il résulte de ces chiffres que la quantité d'oxygène, susceptible d'être introduite dans la bombe par une combustion régulière, ne fournit qu'une dose nulle ou négligeable d'acide carbonique pendant la combustion; tandis qu'elle renferme 0g,0005 (un demi-milligramme) d'hydrogène libre. Ce poids est susceptible de développer 17ᶜᵃˡ,2 par sa combustion, soit 2 à 3 millièmes des quantités de chaleur qui s'observent le plus communément : dose faible, mais non négligeable. Elle doit varier d'ailleurs suivant les échantillons; sa détermination est donc nécessaire. »

ASTRONOMIE. — *Sur les récentes publications émanant de l'Observatoire de Paris : Catalogue stellaire* (IVᵉ Partie); *Catalogue photographique* (Iᵉʳ Volume); *Annales, Observations de* 1898; *Mémoires* (Tome XXIII); *Bulletin du Comité international* (Tome III). Note de M. **Lœwy**.

« J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un ensemble de publications émanant de l'activité de l'Observatoire de Paris et renfermant des travaux astronomiques d'une nature très variée.

» Voici d'abord les deux derniers des huit Volumes d'un vaste Ouvrage dont l'exécution a été décidée sous la direction de l'amiral Mouchez, il y a une vingtaine d'années. Pour faire comprendre toute la portée de cette œuvre, il convient de fournir quelques renseignements sommaires sur les raisons scientifiques qui ont déterminé son exécution.

» On sait que, sous la direction de Jérôme de Lalande, une exploration du Ciel boréal par zones fut entreprise il y a plus d'un siècle à l'Observatoire de l'École militaire. Munis de faibles ressources, à l'aide d'un objectif de petite ouverture, Lalande et ses collaborateurs parvinrent, grâce à un labeur infatigable, à effectuer, de 1791 à 1801, 47390 observations dont la précision est véritablement remarquable. Elles ont été publiées telles qu'elles figurent aux carnets-minutes, dans le Tome I de l'*Histoire céleste,* entachées encore des erreurs physiques et instrumentales qui font paraître les astres dans une situation autre que celle qu'ils occupent réellement dans le Ciel. Mais les astronomes n'en reconnurent pas moins la très haute importance de ces documents. Les plus illustres savants de l'Allemagne, Bessel, Encke, Schumacher, Hansen, se mirent les premiers à l'œuvre en préparant des Tables destinées à faciliter les calculs de réduction à une origine commune. C'est finalement à l'Association britannique que revint l'honneur de mener à bien cette entreprise à laquelle fut affectée une somme d'environ 45000^{fr} et dont l'exécution fut confiée à Francis Baily. Après la mort de ce dernier, plusieurs astronomes anglais continuèrent les travaux, et le Catalogue définitif, ramené à l'équinoxe moyen de 1800, parut en 1847.

» Les anciennes observations, comme celles dont il vient d'être question, constituent des témoins irrécusables de l'état du Ciel dans le passé; leur utilité ne peut qu'augmenter avec le temps. En les comparant avec d'autres observations obtenues à des époques ultérieures, on aura la faculté d'aborder quelques-uns des problèmes les plus curieux de la Cosmogonie. On parviendra à acquérir des notions plus exactes sur les mouvements particuliers des astres ou sur les déplacements d'ensemble des constellations, sur la marche de notre système planétaire à travers les espaces célestes. Ces mouvements sidéraux auront d'autant plus d'amplitude, et leur étude acquerra d'autant plus d'intérêt que l'intervalle écoulé entre les séries d'observations conjuguées sera plus considérable.

» C'est pour permettre aux savants de faire servir à des investigations d'un caractère si élevé les matériaux si précieux, légués par Jérôme et Michel de Lalande, que Le Verrier décida la réobservation des étoiles de

l'*Histoire céleste*. Cette recherche, inaugurée en 1854, et à laquelle ont participé tous les astronomes qui se sont succédé à l'Observatoire de Paris, a été définitivement close en 1899. Mais ces nouvelles séries d'observations, accomplies au prix de tant d'efforts, semblables à celles de l'*Histoire céleste*, ne se prêtaient que très difficilement aux applications scientifiques et restaient à moitié réduites, ensevelies dans les *Annales* de l'Observatoire.

» Dès son arrivée à la direction de l'Observatoire, l'amiral Mouchez fut instruit de ce fâcheux état de choses, et, pour y remédier, conformément à l'avis des astronomes, la construction d'un grand Catalogue reposant sur l'ensemble des données recueillies de 1837 à 1881 fut alors décidée. Cette entreprise, qui a sollicité durant une vingtaine d'années les efforts ininterrompus d'une partie du personnel du Bureau des Calculs, se trouve aujourd'hui menée à bonne fin par la publication des deux Volumes que je viens de mettre sous les yeux de l'Académie.

» Le plan de ce travail important est dû à M. Gaillot, sous-directeur de l'Observatoire, qui, depuis 1882, en a poursuivi sans relâche la réalisation. Dans cette tâche si complexe, il a été secondé de la manière la plus efficace par M. Bossert, chef du Service des Calculs.

» Les astronomes ont désormais à leur disposition deux œuvres considérables, dues à l'activité des astronomes de Paris, et se rapportant à des séries d'observations séparées les unes des autres par un intervalle de près d'un siècle. Le Catalogue fournit les résultats de 387474 observations effectuées sur 34733 étoiles; 221369 observations ont été obtenues en ascension droite et 166105 en distance polaire.

» Voici maintenant le premier Volume du *Catalogue photographique du Ciel*. Il ne convient pas de retracer, en cette circonstance, l'historique des faits qui ont déterminé l'exécution de la vaste entreprise internationale dont cette publication fait partie. Je me bornerai seulement à rappeler que la tâche imposée à chaque observatoire était double.

» Il s'agissait, en premier lieu, de dresser une Carte du Ciel à l'aide de clichés à longue pose; on avait ainsi en vue d'obtenir de l'état actuel du Ciel une représentation fidèle comprenant tous les astres jusqu'à la 14e grandeur, c'est-à-dire les images d'objets célestes possédant à peine la millième partie de l'éclat de la plus faible étoile visible à l'œil nu. L'Académie a déjà reçu, dans le courant de cette année, une nouvelle série de feuilles de cette Carte. Cet Atlas du Ciel dont on peut, d'une manière certaine, prévoir l'achèvement, se composera de 22054 feuilles et offrira une richesse de renseignements précis à laquelle rien ne saurait être comparé

dans le passé; il en résultera un nouvel essor pour l'étude des grands problèmes relatifs à la structure de l'Univers sidéral.

» La seconde section de l'œuvre photographique, dont je mets aujourd'hui le commencement sous les yeux de l'Académie, est appelée à rendre des services non moins importants pour l'étude du Ciel. Il s'agit ici de fixer les positions d'environ trois millions de repères dans l'espace céleste et de décupler ainsi en étendue les résultats acquis jusqu'à ce jour dans cet ordre de recherches. C'est à ces repères qu'on rattachera les coordonnées de tous les astres de notre système solaire. En même temps, à cause de l'extrême précision que comporte la mesure des images stellaires, on aura bientôt la faculté de déduire les mouvements propres de ces sommets de la triangulation céleste par la comparaison faite avec les travaux similaires effectués ultérieurement.

» L'exécution du travail dévolu à l'Observatoire de Paris, et relatif à la zone de l'espace comprise entre $+18°$ et $+24°$ de déclinaison nord, a été confiée à M. Prosper Henry, qui a été puissamment secondé dans cette tâche par son frère, M. Paul Henry. Grâce à leur activité persévérante, les diverses parties de l'Ouvrage se succéderont désormais très régulièrement. Le premier Volume, actuellement édité, renferme les coordonnées rectilignes de 64264 étoiles comprises dans une zone de deux degrés de largeur et dont le centre est situé par $+24°$ de déclinaison boréale.

» L'Académie sera sans doute désireuse de connaître le degré de précision que possèdent les positions de tous ces astres. J'ai entrepris toute une série de recherches particulières consignées dans plusieurs Mémoires pour arriver à fixer d'une manière très approchée le véritable degré d'exactitude réalisé dans la construction du Catalogue photographique.

» En étudiant de très près la série des opérations de mesure et des causes susceptibles de les altérer, nous avons trouvé que l'exactitude avec laquelle on peut déterminer les coordonnées rectilignes des nuages stellaires, par rapport au centre de la plaque, est considérable. L'erreur probable, en ce cas, est de $\pm 0'',16$. D'autre part, nous avons examiné le degré d'exactitude avec lequel on peut tirer, de l'ensemble de tous les catalogues stellaires existants, les positions des étoiles de repère photographiées sur les clichés, positions sur lesquelles on est obligé de s'appuyer pour calculer celle qui correspond dans l'espace au centre du cliché.

» L'ensemble de ces documents n'est pas homogène; les positions y sont souvent fondées sur un nombre d'observations variant d'un catalogue à l'autre; certains d'entre eux ont une supériorité incontestable sur

d'autres, et il n'a été que très rarement possible de rencontrer les données nécessaires dans les meilleurs catalogues. Pour arriver, dans ces conditions, à la connaissance approchée de l'erreur probable d'une position déduite d'un ensemble de ces documents, on a choisi 100 étoiles symétriquement distribuées sur les 24 heures d'ascension droite de la zone considérée, astres dont les coordonnées se sont trouvées enregistrées dans un nombre notable de catalogues. En comparant à leur moyenne les diverses positions relatives à un même astre, on a trouvé, à l'aide de la méthode des moindres carrés, $\pm 0'',80$ pour l'erreur probable des coordonnées d'une étoile de repère de grandeur 8e à 9e, empruntées à un catalogue dont les positions sont basées sur deux ou trois observations méridiennes. En considérant que les coordonnées de 21 étoiles de repère environ, tirées de 6 catalogues différents, sont intervenues dans le calcul des constantes des clichés, il a été facile d'évaluer, *grosso modo*, la précision qui en résulte pour les coordonnées équatoriales des centres des clichés. Dans ce but, le poids à attribuer à la moyenne des positions de n étoiles de repère tirées d'un même catalogue a été calculé à l'aide de la formule $\frac{2n}{n+1}$. On a ainsi conclu l'erreur probable $\pm 0'',26$ affectant la moyenne de 21 coordonnées empruntées à 6 catalogues.

» La confrontation des deux nombres $\pm 0'',16$ et $\pm 0'',26$ est instructive. On remarque immédiatement que la précision avec laquelle on parvient à rattacher les coordonnées rectilignes des images stellaires au centre des plaques dépasse celle que l'on peut, dans l'état actuel des choses, réaliser dans la détermination des positions absolues correspondant dans l'espace aux centres choisis des clichés. Il faudrait pouvoir disposer de 36 positions d'étoiles de repère empruntées à 18 catalogues pour obtenir une précision équivalente entre les deux catégories d'erreurs probables. Ce contraste si frappant entre ces deux ordres de grandeurs s'explique aisément et ne saurait jeter un discrédit sur la valeur des catalogues employés. La solution du problème, que l'on réclame aux méthodes méridiennes, est d'une nature très complexe : il s'agit de fixer les positions absolues d'astres occupant toute l'étendue de la voûte céleste, cas où l'on se trouve en présence d'un grand nombre d'inexactitudes redoutables. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la méthode photographique, qui a pour tâche de reproduire avec fidélité les images d'astres voisins les uns des autres et dont les situations relatives ne subissent qu'une influence atténuée des causes d'altération.

» Bien que ces difficultés soient inhérentes à la nature des choses, il est cependant difficile de se contenter des constantes de réduction dont la précision n'est pas en harmonie avec la perfection du travail photographique. Pour tirer de l'œuvre entreprise tout le profit qu'elle comporte et remédier, d'une manière efficace, au défaut d'homogénéité entre les deux catégories de données dont dépendent les coordonnées astronomiques tirées des clichés, nous avons décidé d'effectuer de nouvelles observations méridiennes des étoiles de repère afin d'obtenir avec exactitude leurs positions, à l'époque moderne : ce qui nous permettra de corriger d'une manière très efficace les éléments de réduction actuellement employés. L'effet combiné des deux inexactitudes qui viennent d'être indiquées conduit à évaluer à $\pm 0'',31$ l'erreur probable totale d'une coordonnée astronomique tirée du présent Volume. On se rendra compte d'une manière tangible de la précision ainsi obtenue quand on saura que l'exactitude d'une telle coordonnée équivaut à celle qu'offre la moyenne d'environ 10 positions d'étoiles de repère empruntées à 5 catalogues. Il en ressort ainsi avec évidence que la méthode photographique réalise, de la manière la plus satisfaisante, les espérances qu'on avait fondées sur son efficacité.

» Le Volume suivant renferme les observations accomplies à l'Observatoire de Paris dans le courant de l'année 1898; elles sont relatives à la revision des étoiles de Lalande, à la détermination de la latitude de notre établissement et des positions des astres de notre système solaire, effectuées à l'aide des instruments méridiens ou des instruments équatoriaux. On y rencontre également la suite des recherches de M. Bigourdan sur les nébuleuses. Ces travaux réguliers, exécutés avec habileté, suivant un plan mûrement élaboré, et convergeant durant de nombreuses années vers un même but, finissent par constituer des œuvres d'une portée considérable, comparables à celles dont je viens d'entretenir l'Académie.

» Le XXIII[e] Volume des *Mémoires* a paru en même temps que le précédent. Il contient uniquement des recherches théoriques relatives en majeure partie à des questions de Mécanique céleste. Ces études sont dues à MM. Andoyer, Bigourdan, Callandreau, Lebeuf, J. Mascart.

» Voici, en dernier lieu, le second fascicule du Tome III du *Bulletin* du Comité international de la Carte du Ciel, rédigé par l'Observatoire et publié sous les auspices de l'Académie des Sciences.

» Il renferme tout un ensemble de recherches nouvelles possédant une importance de premier ordre pour la construction de la Carte et du Catalogue photographiques et pour la détermination de la parallaxe solaire

au moyen de la planète Éros. La seule énumération des matières qui y figurent fait voir que la publication du *Bulletin* a puissamment contribué au succès des deux belles entreprises internationales auxquelles collaborent 55 observatoires. On y trouve une étude particulièrement intéressante : elle met en lumière que la Carte conduit à des applications qu'on n'aurait jamais osé prévoir. Il est prouvé maintenant que, malgré toutes les déformations subies par le papier des feuilles, on pourra relever sur la Carte les positions des astres jusqu'à la 14e grandeur avec une précision comparable à celle des meilleures observations méridiennes.

» Voici l'objet des divers Mémoires contenus dans le présent fascicule, et sur lesquels je me permets d'appeler l'attention de l'Académie :

» 1° Dispositions adoptées dans les Observatoires français pour la publication de la Carte et du Catalogue photographiques, par M. Lœwy;

» 2° Documents relatifs à l'organisation des travaux d'observation de la planète Éros (*Circulaires* n°s 7, 8 et 9), renfermant en particulier :

» Des études sur l'influence des traînées produites par le mouvement propre des astres;

» Deux Mémoires de M. Comstock sur la réduction des observations et la précision des mesures micrométriques d'Éros;

» Une Notice de M. Hermann Struve sur la précision des mesures micrométriques effectuées à l'Observatoire de Kœnigsberg;

» Les recherches de M. Prosper Henry relatives à l'influence présumée de la dispersion atmosphérique sur la position des astres;

» Un travail de M. Hinks sur les conditions géométriques du problème de la parallaxe;

» Une première étude de M. Lœwy concernant la précision que comportent les mesures des coordonnées rectilignes et l'évaluation de la distance des traits imprimés sur les clichés; deux autres Mémoires du même auteur sur la détermination des coordonnées astronomiques des astres photographiés et l'exactitude des positions relatives de leurs images;

» 3° Les recherches de M. Trépied sur l'exactitude des coordonnées des astres, tirées des feuilles de la Carte du Ciel;

» 4° Une Note de M. André concernant les expériences faites à l'Observatoire de Lyon, sur la variation d'éclat de la planète Éros. »

PHYSIQUE. — *Sur la visée d'une surface de mercure éclairée par un faisceau de lumière horizontal.* Note de M. G. LIPPMANN.

« On sait qu'il est difficile de pointer une surface de mercure. Cette surface forme un miroir si parfaitement poli qu'on ne le distingue pas : on ne voit que l'image plus ou moins surbaissée des objets placés au delà ; le contour apparent que l'on croit apercevoir n'est que la limite de cette image réfléchie.

» Quand la surface du mercure est courbe, il ne paraît pas y avoir de bonne méthode pour en pointer le contour. Quand une partie de la surface est plane, on se sert d'un artifice connu : on vise successivement une pointe voisine de la surface, et son image réfléchie : la moyenne des deux lectures donne la position du miroir mercuriel.

» Un second artifice, qui fournit également de bons résultats, consiste à appliquer sur la surface du mercure un fil de verre très fin et très flexible : il se colle sur la surface, et il peut être pointé sans difficulté.

» Mais il y a des cas où l'on ne peut (¹) faire usage d'aucune de ces méthodes : notamment quand on ne peut mettre au point sur les points ni sur le fil de verre. Il faut alors avoir recours à un nouvel artifice, que je vais indiquer.

» Au lieu de s'éclairer à la lumière diffuse, on éclaire le champ de l'instrument d'observation par un faisceau de lumière horizontal, fourni par un collimateur placé à peu près sur le prolongement de la lunette. On voit alors le mercure se profiler sur fond clair sous forme d'une masse noire à contour net. Cette netteté subsiste quand on observe à travers un microscope micrométrique ; elle est suffisante pour donner dans ces conditions des pointés dont les valeurs extrêmes (sur dix pointés successifs) ne dif-

(¹) Ce cas se présente lorsque l'on mesure la constante capillaire d'un liquide par la méthode de la large goutte, et en faisant usage d'un microscope pour trouver la distance verticale entre l'équateur et le sommet de la goutte. Avec la lunette d'un cathétomètre ordinaire, on peut se mettre assez loin pour être au point à la fois sur l'équateur et le sommet. Si l'on vise avec un microscope, la tolérance de mise au point disparaît. Dans ce cas on met au point seulement sur l'équateur, et l'on éclaire le sommet en lumière horizontale, ce qui permet de voir nettement le niveau sans le mettre au point, comme je le montre plus loin.

fèrent au plus que de $\frac{1}{200}$ de millimètre; l'erreur moyenne est donc voisine de $\frac{1}{400}$ de millimètre.

» Le contour du mercure, comme de tout autre objet visible dans le champ, est bordé d'une série de franges de diffraction. On pourrait donc se demander si le contour apparent n'était pas en réalité le bord d'une première frange de diffraction, et s'il ne faudrait pas de ce chef faire une correction aux lectures.

» La théorie des franges de diffraction, produites par l'interposition d'écrans à trois dimensions, n'a pas encore été faite. Il était donc nécessaire de recourir à l'expérience pour résoudre cette question. Je me suis assuré que le niveau du mercure, déterminé par la visée en lumière horizontale, est bien le même que celui que l'on obtient par l'une ou l'autre des méthodes rappelées au commencement de cette Note. La diffraction n'intervient donc pas pour déplacer d'une manière sensible le profil du liquide. »

PHYSIQUE. — *Pendule de Foucault simplifié*. Note de M. d'Arsonval.

« La réinstallation du pendule de Foucault, au Panthéon, par MM. Berget et Flammarion, a excité l'ingéniosité des constructeurs. Parmi ces derniers je dois citer M. Cannevel, qui a résolu le problème d'une façon simple et précise.

» L'appareil que j'ai l'honneur de faire fonctionner devant l'Académie se compose d'une sphère en plomb, enveloppée de cuivre, pesant 1250^g, pouvant fonctionner pendant 3 heures et s'accrochant au plafond par un simple clou.

» La partie intéressante est la suspension du fil. Ce fil d'acier a $\frac{35}{100}$ de millimètre, il est pincé à la partie supérieure dans un bloc métallique percé d'un trou de filière à travers lequel passe le fil. Un simple coup de balancier l'immobilise dans le bloc, que l'on fixe au plafond par une vis.

» Tout l'appareil tient dans une petite boîte de bois qu'on peut presque mettre dans la poche. La boîte sert à contenir le tas de sable sur lequel le pendule laisse sa trace.

» Le fil peut recevoir une longueur appropriée à la hauteur dont on dispose.

» Un petit support en bois, mobile autour d'un axe vertical, porte un petit pendule auxiliaire qui sert à démontrer le principe de l'appareil, c'est-à-dire l'invariabilité du plan d'oscillation.

» Malgré sa simplicité, l'appareil de M. Cannevel fonctionne avec une régularité qui a valu à son auteur l'entière approbation de MM. Berget et Flammarion.

» Un autre grand avantage de ce dispositif est son bas prix (20^{fr} et au-dessous), qui le met à la portée du public et des écoles, et permet ainsi de vulgariser la remarquable démonstration de Foucault que tout le monde ne peut aller voir au Panthéon. A ce titre, j'ai cru intéressant de le signaler à l'Académie. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Localisation de l'arsenic normal dans quelques organes des animaux et des plantes. Ses origines.* Note de M. **Armand Gautier**.

« Après avoir, en 1899, reconnu que l'arsenic existe normalement chez les animaux domestiques et chez l'homme, j'essayai, autant que le permettait la méthode déjà très précise et très délicate que j'ai suivie alors, et que j'ai depuis encore perfectionnée, de déterminer les localisations de ce métalloïde dans l'économie. J'observai qu'il se rencontre surtout dans les organes d'origine ectodermique : la peau et ses annexes, la glande thyroïde, le thymus, la glande mammaire, le cerveau, ainsi que dans les os, mais qu'on n'en trouve pas, ou des quantités inférieures au $\frac{1}{20\,000\,000}$ du poids de la substance examinée [1], quand on s'adresse aux autres organes : muscles, rate, foie, pancréas, rein, tissus cellulaire et adipeux, glandes les plus diverses y compris l'ovaire et le testicule, sang, urines, etc. (voir *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 286 et 290). En même temps j'établissais que l'arsenic s'élimine surtout par les poils, les cheveux et les cornes (*Ibid.*, p. 285), ainsi que par le sang menstruel chez la femme (*Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 361, et *Comptes rendus du Congrès international de Médecine tenu à Paris en* 1900; *Section de Physiologie*, p. 93).

» *Arsenic chez les oiseaux et les poissons.* — Je n'ai pas borné mes recherches aux mammifères. Dès le début, j'examinai divers organes et tissus des oiseaux et des poissons : œuf de poule, œufs et laitances de poissons, chair de poissons, sans y trouver d'arsenic. S'il y existe, c'est en quantité très inférieure à celle des organes moyennement arsénicaux et inférieure au vingt-millionième du poids de l'organe frais.

» Depuis j'ai cherché l'arsenic dans les plumes de l'oiseau, qui me

---

(1) Soit moins de 0^{mgr},005 pour 100 grammes de substance fraîche, limite de sensibilité de la méthode suivie à cette époque.

semblaient correspondre aux poils et cornes des mammifères. L'arsenic existe en effet dans les plumes, mais il y est très particulièrement localisé. Voici d'abord le résumé de mes expériences à ce sujet :

	Quantités traitées. (État frais.)	Poids approximatif de l'arsenic en milligrammes.	Arsenic en milligrammes pour 100gr de matière fraîche.
	gr	mgr	mgr
Duvet ventral de l'oie	250	0,030	0,12
Canons des plumes de poulet..........	100	nul	nul
Barbes de plumes de poulet...........	200	nul	nul
Plumes de poulet complètes...........	250	nul	nul
Canons des plumes de la queue du paon.	12	nul	nul
Barbes des œils des grandes plumes de la queue du paon.	22	0,055	0,25

» Il suit de ces constatations que l'arsenic existe bien dans le duvet de l'oiseau, qui est plus particulièrement en rapport avec le fonctionnement de la peau et qui semble seul correspondre au poil des mammifères, tandis qu'il est ordinairement absent des plumes banales des ailes ou de la queue, simples organes de locomotion. Celles au contraire qui servent d'ornement au mâle et font sa parure au printemps, telles que les belles plumes de la queue du paon, contiennent de l'arsenic. Toutefois, même dans ces plumes, l'arsenic n'existe pas dans le canon; il est entièrement localisé dans les barbes colorées chatoyantes de l'œil qui les termine. Après la saison des amours, l'arsenic s'élimine par la chute de ces plumes ornementales. Cette observation rappelle celle que j'ai déjà faite chez les mammifères de l'accumulation de l'arsenic dans les poils et les cornes du mâle, et de son élimination par perte de ces poils, ainsi que par les sécrétions sexuelles de la femelle au moment du rut.

» Ce fait que l'arsenic est absent des canons de la plume du paon, et des plumes banales des oiseaux, alors qu'on le retrouve dans les barbes colorées qui ornent le mâle, ou dans le duvet qui recouvre leur peau, suffirait à démontrer que ce métalloïde est bien localisé dans certains organes ou parties d'organes et en corrélation avec leur fonctionnement, et non pas uniformément répandu dans tous. Chez les animaux, il est en corrélation étroite avec le fonctionnement de la peau, du cerveau et des organes de la reproduction.

» *Arsenic chez les végétaux, particulièrement chez les algues*. — En 1900, j'avais inutilement cherché l'arsenic dans le pain (*Comptes rendus*, t. CXXX,

p. 16). Ces essais négatifs méritent toutefois d'être repris avec une méthode encore plus sensible. J'y reviendrai.

» Guidé par diverses considérations théoriques, j'ai pensé que je retrouverais, sans doute, l'arsenic plus particulièrement localisé chez les végétaux riches en iode, et particulièrement dans les algues marines et terrestres ([1]).

» L'expérience a vérifié cette hypothèse. Voici mes dosages : ils sont tous rapportés à 100 parties de substance telle qu'elle est après qu'on l'a laissée quelques jours à l'air vers 15° :

a. — Algues marines.	Quantités en expérience.	Poids en mgr d'arsenic obtenu.	Poids d'arsenic par 100gr de substance.
	gr	mgr	mgr
Fucus vesiculosus..........	157	0,25	0,159
Fucus digitatus...........	120	0,25	0,208
Fucus serratus............	85	0,07	0,082
b. — Algues d'eau douce.			
Spyrogyra...............	25	0,010	0,040
Cladophora...............	80	0,007	0,008
Id.	350	0,030	0,008 ([2])

» On voit que l'arsenic, comme l'iode, abonde surtout dans les algues de mer. Ces deux éléments semblent bien s'accompagner, comme je l'ai déjà souvent remarqué pour les organes des animaux (thyroïde, peau, cheveux, etc.)

» M. B. Renault, le savant paléontologiste du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, a démontré que les boghead (ou charbons de houille à longue flamme) d'Autun et d'Australie sont uniquement formés de débris, tout particulièrement, de spores d'algues d'eau douce. J'ai eu la curiosité de chercher l'arsenic dans ce charbon d'algues fossiles, j'ai trouvé :

	Quantités mises en expérience.	Poids d'arsenic en mgr.	Arsenic pour 100gr de substances.
	gr	mgr	mgr
Boghead de Lorme d'Autun...... ..	10	0,20	2,00
»	10	0,25	2,50
»	10	0,20	2,00
» d'Australie............. ...	10	0,03	0,30

([1]) Voir mon Mémoire *Sur la présence de l'iode dans toutes les algues à chlorophylle et dans les sulfuraires* (*Comptes rendus,* t. CXXIX, p. 189).

([2]) Cet échantillon contenait, à l'état frais, $0^{mgr},066$ d'iode pour 100 grammes.

» On voit que l'arsenic se rencontre aussi bien dans les algues géologiques que dans les algues modernes.

» Ce métalloïde peut se trouver aussi dans les algues non chlorophylliennes. On sait que l'on a signalé depuis longtemps une trace de cet élément dans les eaux sulfureuses (¹). Dès que j'eus reconnu l'existence de l'arsenic dans toutes les algues, je pensai que dans les eaux sulfureuses l'arsenic devait, comme l'iode, se trouver plus particulièrement condensé dans les éléments figurés de ces eaux : sulfuraires, glairine et barègine. En effet, 180^{gr} de glairine (de Luchon), pesée à l'état humide (²), m'ont donné $0^{mgr},013$ d'arsenic, soit $0^{mgr},0072$ pour 100 de matière humide et $0^{mgr},36$ pour 100 de matière sèche. La majeure partie de cette matière fixe des sulfuraires étant formée de soufre, on voit combien est riche en arsenic la substance du protoplasma de ces algues.

» *Eau de mer. Roches primitives.* — Puisque l'arsenic existe dans toutes les algues, surtout dans les marines, il doit se rencontrer dans les algues minuscules ou microscopiques qui, avec quelques autres êtres vivants, forment la partie principale du plankton des eaux de la mer. Il faut même que l'arsenic existe dans ces eaux, dissous à l'état organique ou minéral, puisque les végétaux et animaux qui y vivent ne sauraient le retirer que de ce milieu.

» Pour m'en assurer, 11750 cent. cubes d'eau de mer, puisée en novembre 1899 avec toutes les précautions nécessaires aux environs du phare de Roche-Douvres, à 40 kilomètres des côtes de Bretagne, furent filtrées sur biscuit à grain serré de porcelaine de Sèvres. A la surface de ce petit filtre, il se fit un dépôt glaireux brun rougeâtre. Après lavage à l'eau distillée salée à 25^{gr} de sel marin au litre, le filtre et son dépôt furent traités par les acides nitrique et sulfurique, comme pour une recherche ordinaire. L'arsenic trouvé pesa environ $0^{mgr},03$, soit $0^{mgr},0025$ pour l'arsenic du plankton de 1 litre d'eau de pleine mer, quantité énorme relativement au poids de la matière organisée, très inférieure à 10 milligrammes par litre (³).

» Quant à l'eau de mer privée de ses éléments figurés par filtration sur

---

(¹) TRIPIER, *Ann. de Chim. et Phys.*, 3e série, t. I, 1841, p. 349.

(²) Elle contenait, à l'état humide, 98 pour 100 d'eau et $0^{mgr},0005$ d'iode.

(³) On peut *apprécier* que cette quantité d'arsenic s'élève à près du 80000e du poids du plankton, alors qu'on n'en a trouvé que un 500000e environ dans le *Fucus digitatus,* l'une des algues de mer les plus iodées et les plus arsénicales.

biscuit de porcelaine, je me suis assuré qu'elle contient aussi de l'arsenic.

» Pour le doser, je concentrai à 1 litre environ les 11750 cent. cubes d'eau de mer filtrée sur biscuit, et, après avoir refroidi dans la glace et séparé les cristaux par essorage et lavage, j'introduisis la liqueur dans une cornue de verre réunie à un récipient rodé, cornue où l'on avait eu le soin de faire bouillir au préalable un mélange d'acides sulfurique et nitrique. L'eau y fut distillée et le résidu fut attaqué par les acides nitrique, puis sulfurique, suivant la méthode ordinaire, pour détruire toute matière organique. Les vapeurs et gaz non condensés dans le récipient refroidi traversaient un barboteur muni de potasse pure, étendue et chaude, pour détruire et arrêter le chlorure d'arsenic qui pouvait s'échapper. On chercha l'arsenic dans l'ensemble des parties mélangées. On obtint un faible anneau caractéristique qui ne fut pas dosé.

» Ainsi l'arsenic existe dans l'eau de mer soigneusement filtrée, aussi bien que dans les algues et autres constituants de son plankton. Il nous a paru, dissous dans cette eau principalement à l'état organique comme l'iode qui l'accompagne. C'est à cette source que l'empruntent tous les animaux et végétaux marins qui se développent donc dans un milieu arsenical.

» Essayant de poursuivre jusques au bout le cycle suivi par l'arsenic pour arriver aux plantes et aux animaux, j'ai pensé que cet élément ne pourrait avoir été initialement fourni à la mer et aux terrains de sédiment que par les roches primitives.

» Il est facile de s'assurer qu'en effet l'arsenic accompagne toujours l'iode, l'azote et le phosphore dans ces roches, quelquefois abondamment, et que telle est bien son origine première. Cent grammes de granit de Vire (Bretagne) pulvérisés sur le granit et l'agate, puis additionnés de 50 grammes de sel marin, traités par ma méthode en cornue fermée, fournirent un anneau répondant à $0^{mgr},06$ d'arsenic. D'autres granits d'Auvergne et des Pyrénées ont donné des résultats semblables. On sait du reste que toutes ces roches sont ferrugineuses, et que l'arsenic accompagne généralement le fer dans les couches sédimentaires et les eaux.

» L'arsenic paraît donc jouer un rôle universel, comme l'azote et le phosphore. Il existe en petite proportion, mais sans exception, dans les roches primitives, les terres, la mer, les végétaux, et particulièrement les algues, les animaux terrestres et marins. Chez ceux-ci, il se localise surtout dans les organes d'origine ectodermique qui président aux sensations et à

la reproduction. Il semble jouer dans les cellules où on le trouve un rôle analogue à celui du phosphore, mais à un degré éminent.

» Il reste maintenant à se demander, d'une part, sous quelle forme spécifique se font ces localisations de l'arsenic; de l'autre, par quels aliments cet élément s'introduit dans nos organes. Ce sont deux questions que j'ai mises à l'étude. »

MÉDECINE. — *Le Nagana et le Mal de caderas sont deux entités morbides bien distinctes.* Note de MM. **A. Laveran** et **F. Mesnil.**

« Les plus répandues des épizooties produites par des Trypanosomes sont : aux Indes, le Surra ; en Afrique, le Nagana ; dans l'Amérique du Sud, le Mal de caderas. Ces maladies ont entre elles de grandes ressemblances et les Trypanosomes qui les produisent sont évidemment très voisins; on pouvait donc se demander si les noms de Surra, de Nagana et de Mal de caderas ne désignaient pas une même maladie, ou du moins de simples variétés d'une même maladie.

» Nous avons réussi à nous procurer, à l'état vivant, des Trypanosomes du Nagana (*Tr. Brucei*) et du Caderas (*Tr. equinum*) [1], ce qui nous a permis de faire une étude comparée de ces parasites et des accidents qu'ils produisent. Dans cette Note, nous nous bornerons à résumer les faits qui démontrent que le Nagana et le Caderas sont deux maladies bien distinctes.

» Les mêmes espèces animales sont sensibles à *Tr. Brucei* et à *Tr. equinum*, les mêmes sont réfractaires ; c'est à tort que Voges a cité des oiseaux parmi les animaux pouvant être infectés de Caderas.

» L'évolution du Caderas est plus lente que celle du Nagana chez

---

[1] La dénomination *Tr. equina* a été employée par O. Voges (*Berliner Thierärztl. Wochenschr.*, 3 octobre 1901, et *Zeitschr. f. Hygiene*, 1902, 39e vol., 3e fasc.). Postérieurement, M. Lignières a employé, pour le même parasite, la dénomination de *Tr. Elmassiani* (*Revista de la Sociedad medica argentina*, 1902, t. X, p. 481). Cette dernière dénomination rappelle, très justement, que la découverte du Trypanosome est due à Elmassian, mais nous croyons devoir nous conformer aux règles de la nomenclature en adoptant le mot le plus ancien; nous transformons seulement *equina* en *equinum*, *Trypanosoma* étant du neutre. La dénomination de *Caderas* nous paraît pouvoir être substituée à celle, trop longue, de *Mal de caderas*, et nous proposons de créer l'adjectif *cadéré* pour indiquer l'infection produite par *Tr. equinum*.

quelques espèces animales, chez le cobaye notamment, et, dans certains cas, chez le chien.

» La symptomatologie des deux maladies présente quelques différences : la paralysie du train postérieur est plus marquée d'ordinaire, chez les Equidés, dans le Caderas que dans le Nagana ; l'hémoglobinurie commune dans la première de ces maladies est très rarement notée dans la deuxième.

» Ces différences dans la durée de l'évolution et dans les manifestations morbides seraient d'ailleurs tout à fait insuffisantes pour conclure, car, à côté des différences, on pourrait citer beaucoup d'analogies : celle-ci, entre autres, que l'acide arsénieux et le sérum humain exercent la même action sur les deux Trypanosomes.

» Les faits sur lesquels nous nous appuyons pour dire que le Nagana et le Caderas sont deux entités morbides bien distinctes se résument dans les trois propositions qui suivent : 1° Il existe des différences morphologiques constantes entre *Tr. Brucei* et *Tr. equinum* ; 2° les animaux immunisés contre le Nagana sont sensibles au Caderas ; 3° le sérum des animaux immunisés contre le Nagana n'a pas, pour *Tr. equinum*, l'activité qu'il possède pour *Tr. Brucei* ; ces derniers faits sont d'ailleurs connexes.

» 1° *Différences morphologiques.* — *Tr. Brucei* et *Tr. equinum* ont, à très peu près, les mêmes dimensions et la même forme et, lorsqu'on les examine dans le sang frais, il n'est pas possible de les distinguer l'un de l'autre ; sur des préparations de sang desséché et bien coloré (bleu Borrel-éosine-tannin), la distinction devient au contraire facile.

» Le protoplasme, le noyau, la membrane ondulante, le flagelle ont, dans les deux Trypanosomes, la plus grande ressemblance ; il n'en est pas de même des centrosomes.

» Le centrosome de *Tr. Brucei* se colore facilement et fortement ; il mesure environ $\frac{1}{2}$ μ de diamètre ; le centrosome de *Tr. equinum* ne mesure que $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ de μ de diamètre ; il se colore en rose, comme le flagelle, et non en violet, comme le centrosome de *Tr. Brucei* ; enfin, on trouve souvent à son voisinage des granulations chromatiques qui gênent l'examen. On s'explique que quelques observateurs soient arrivés à conclure que le centrosome faisait défaut chez *Tr. equinum*.

» Dans des préparations colorées du sang de souris infectées simultanément de Nagana et de Caderas, nous avons réussi à distinguer les deux espèces de Trypanosomes, grâce à cet aspect si différent des centrosomes.

» Les formes de multiplication sont les mêmes, la bipartition est la règle ; on observe parfois de grandes formes de division en trois ou en quatre qui sont un peu plus communes pour *Tr. equinum* que pour *Tr. Brucei*.

» 2° *Les animaux immunisés contre le Nagana sont sensibles au Caderas.* — I. Une *chèvre* guérie du Nagana depuis 8 mois environ, et ayant reçu, dans cet intervalle, 15 inoculations de 10^{cm^3} à 60^{cm^3} de sang de chien nagané, sans contracter de nouvelle

infection, est inoculée sous la peau avec 1^{cm^3} de sang dilué de rat cadéré. Du sang de la chèvre, retiré 5 jours après cette dernière inoculation, est injecté dans le péritoine d'un rat et de trois souris.

» Le rat, qui reçoit 3^{cm^3} de sang, est pris après une incubation de 4 jours.

» Une souris, qui reçoit 1^{cm^3} de sang, est prise après une incubation de 4 jours.

» Une souris, qui reçoit $0^{cm^3},25$ de sang, est prise après une incubation de 3 jours.

» Une souris, qui reçoit $0^{cm^3},05$ de sang, est prise après une incubation de 5 jours.

» II. Un *mouton*, guéri du Nagana depuis 1 mois environ, et qui a reçu dans ce mois deux inoculations de 10^{cm^3} et 20^{cm^3} de sang de chien nagané, est inoculé sous la peau avec $0^{cm^3},5$ de sang dilué de souris cadérée.

» Le sang de ce mouton, retiré 5 jours après cette dernière inoculation, et injecté dans le péritoine d'un rat (à la dose de 3^{cm^3}) et de deux souris (à la dose de $0^{cm^3},25$), donne à ces animaux une infection à Trypanosomes du Caderas, avec moins de 4 jours d'incubation.

» Retiré 15 jours après l'inoculation du Caderas et inoculé dans le péritoine d'un rat à la dose de 3^{cm^3} et d'une souris à la dose de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube, le sang donne à ces animaux une infection avec respectivement 4 jours et 6 jours d'incubation.

» Le sang d'un mouton n'ayant jamais reçu d'injection de Trypanosomes du Nagana, éprouvé 5 jours et 13 jours après l'inoculation du Caderas à l'animal, a montré sensiblement la même virulence que le sang du mouton guéri du Nagana et infecté avec le Caderas.

» 3° *Le sérum des animaux immunisés contre le Nagana, actif sur* Tr. Brucei, *est sans action sur* Tr. equinum. — I. Le *sérum de la chèvre* immunisée contre le Nagana, dont nous venons de parler, mélangé, à la dose de 1^{cm^3}, à des doses de sang à Trypanosomes du Caderas, variant de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{20}$ de centimètre cube, n'a eu aucune action sur l'incubation, ni sur la marche de l'infection des souris inoculées avec ce mélange.

» La même quantité de ce sérum, mélangée à des doses correspondantes de sang à Trypanosomes du Nagana, allongeait de 5 jours en moyenne l'incubation de la maladie des souris.

» II. Le *sérum du mouton* guéri du Nagana, dont nous avons déjà parlé, mélangé, à la dose de 1^{cm^3} et même de 2^{cm^3}, à des doses de sang dilué de chien à Trypanosomes du Caderas, variant de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$ de centimètre cube, n'a eu aucune action sur l'incubation, ni sur la marche de l'infection des souris inoculées avec ce mélange.

» Le même sérum, à la dose de $0^{cm^3},5$, mélangé à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de sang dilué de chien (comparable comme nombre de parasites au sang du chien cadéré), prévenait toute infection chez les souris inoculées avec ce mélange. Il agissait de même mélangé à la dose de 1^{cm^3} avec $0^{cm^3},5$ du même sang dilué.

» Ces constatations expérimentales, jointes aux observations microscopiques que nous avons consignées au début de cette Note, prouvent manifestement que le Nagana et le Caderas, malgré leurs très grandes ressemblances, sont deux maladies spécifiquement distinctes. »

ZOOLOGIE. — *Effets de l'excision du madréporite chez les Astéries.* Note de M. Y. DELAGE.

« L'appareil aquifère des Astéries, comme celui de la plupart des Échinodermes, communique avec le dehors par le canal hydrophore et le madréporite. Il n'y a aucun doute relativement à l'existence anatomique de cette communication. Mais, les pores du madréporite étant microscopiques, on peut se demander si cette communication-ci a des effets physiologiques, si elle permet des échanges de liquide entre le système aquifère et l'eau ambiante. Si ces échanges sont réels, ils sont si lents qu'on n'a pu déterminer, par une expérience permanente et parfaitement démonstrative, dans quel sens ils ont lieu, et l'on en est réduit à des déductions bien incertaines, d'après la direction des cils vibratiles dans les conduits.

» J'ai cherché à jeter quelque lumière sur ces points obscurs par une expérience décisive consistant à exciser le madréporite, seule porte par où puissent s'opérer les échanges en question.

» On produit ainsi une large plaie béante au fond de laquelle le canal hydrophore est librement ouvert. J'espérais que la plaie se cicatriserait pardessus le canal et interromprait toute communication entre ce dernier et le dehors. Dès lors, si les pores du madréporite servent à introduire de l'eau, le système aquifère étant privé de cet apport, les ambulacres doivent peu à peu tomber en état de flaccidité complète; si, au contraire, ils servent à évacuer un excès de liquide, cet excès s'accumulant dans le système, les ambulacres doivent arriver peu à peu à un état d'érection permanente.

» Les choses se sont passées d'une manière toute différente et absolument inattendue. Dès le lendemain, ou au plus au bout de 2 ou 3 jours, le processus de cicatrisation est complet : la plaie s'est rétrécie progressivement, puis refermée, mais il est resté en son centre un orifice de la grosseur d'une épingle, conduisant dans le canal hydrophore; en sorte que la communication du système aquifère avec le dehors, non seulement persiste, mais se rétablit plus large, plus facile qu'auparavant. Dès lors, aucune modification dans l'habitus des ambulacres ne peut se produire.

» Les connexions du système aquifère avec le dehors chez les animaux opérés se trouvent ainsi rétablies, non telles qu'elles sont chez l'adulte, mais telles qu'elles étaient chez les larves de tous les Échinodermes, par le moyen d'un orifice unique, l'*hydropore*.

» On pourrait être tenté de voir là un parallélisme de la régénération avec l'ontogenèse. Mais, même si le phénomène pouvait être interprété ainsi, il faudrait remarquer que ce parallélisme ne serait que partiel, puisque cet hydropore ne se transforme pas ultérieurement en madréporite. Mes animaux, opérés depuis plusieurs mois, se portent parfaitement et ne portent aucune trace de régénération du madréporite.

» On pourrait être tenté aussi de faire un rapprochement entre les Astéries transformées expérimentalement en Échinodermes à hydropore unique et les Échinodermes qui n'ont, normalement, qu'un hydropore unique, comme les Ophiures ou l'*Echinocyamus pusillus*.

» La chose est, à mon sens, beaucoup plus simple et n'implique l'intervention d'aucune des prétendues forces directrices de l'ontogenèse ou de la phylogenèse. Il se fait une cicatrisation normale; mais, comme au voisinage de la plaie cutanée se trouve un canal dont l'extrémité a été excisée et doit se cicatriser, les deux épithéliums de la peau et du canal se soudent et empêchent la cicatrisation d'obturer la lumière du canal. Il n'y a là qu'un processus physiologique comparable à celui qui intervient dans l'anus contre nature ou dans les fistules.

» Dans de prochaines expériences je chercherai à obturer l'hydropore ainsi obtenu et à déterminer l'effet de cette obturation sur l'habitus des ambulacres. »

BALISTIQUE. — *Sur la loi des pressions dans les bouches à feu.* Note de M. E. VALLIER.

« Dans la série de recherches que j'ai soumise à l'Académie au cours de ces trois dernières années, je me suis efforcé de reproduire le régime des bouches à feu dans le tir par des formules assez simples pour être utilisées par les constructeurs et j'ai énoncé, sans autres explications théoriques, que l'on pouvait pratiquement représenter la pression élémentaire P_t, appliquée au culot du projectile à l'instant t, par la formule

$$P_t = P_1 \varphi^\beta(z), \tag{1}$$

où P_1 représente la pression maximum,
β un exposant convenablement choisi

$$\varphi(z) = z e^{1-z} \qquad \text{et} \qquad z = \frac{t}{\theta},$$

θ étant la durée écoulée depuis la mise en marche jusqu'à l'instant de la pression maximum.

» De cette formule j'ai déduit tout un système de relations et de fonctions numériques pour la résolution des problèmes de la pratique, et qui sont réunies aujourd'hui dans une Note insérée au *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, Tome XI.

» Enfin, du rapprochement des formules ainsi établies avec des résultats de tir, j'ai conclu une relation entre l'exposant β et le coefficient de fatigue α qui définit chaque tir, de manière à permettre de déduire de ce paramètre α la forme la plus probable de la courbe des efforts produits à chaque instant dans l'âme.

» Cette relation, purement expérimentale, s'écrit

$$(\alpha - 1)\beta = 2. \tag{2}$$

» L'utilité de ces formules au point de vue des applications me conduit aujourd'hui à les rapprocher des indications de la théorie.

» On sait que les courbes des pressions en fonction du temps s'élèvent très rapidement jusqu'au maximum pour décroître ensuite en prenant une allure asymptotique à l'axe des temps.

» La forme analytique la plus simple pour représenter ce genre de courbes m'a semblé être la fonction

$$\varphi(z) = ze^{1-z}.$$

» Cela posé, de même qu'il est fait emploi de termes trigonométriques pour figurer des lois d'allure périodique, de même il m'a semblé opportun de représenter ces pressions par des fonctions φ ou, plus généralement, φ^β, comme présentant la forme la plus maniable et la plus commode pour les applications.

» Il convient maintenant de rapprocher cette fonction P_t, ainsi définie par l'équation (1), de l'équation fondamentale du mouvement, qui, pour les premiers instants, s'écrit

$$(u_0 + u)\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{u-1}{2}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - \frac{fa}{r}\frac{\varpi\omega}{m}\int_0^t P_t^\gamma\,dt = 0, \tag{3}$$

se rappelant que la vitesse de combustion d'une poudre en vase clos est proportionnelle à une puissance γ de la pression, et l'on voit immédiatement que, si l'on veut substituer à P_t sa valeur tirée de (1), on doit avoir,

par raison d'identité,

$$\beta = \beta\gamma + 1. \tag{4}$$

» Cette équation montre que la valeur $\gamma = 1$ ne saurait être admise, ce qui exclut l'hypothèse de la vitesse de combustion proportionnelle à la première puissance de la pression.

» Mais si, au début du mouvement, la valeur de β est bien celle donnée par l'équation (4), il ne semble pas qu'elle puisse rester telle pendant tout le parcours. Les valeurs de l'exposant de pression γ ont été déduites d'essais faits en vase clos, sur des pressions croissantes, et l'on ne saurait affirmer que ces valeurs se conservent pour des pressions allant au contraire en diminuant dans une capacité croissante, ce qui se produit presque immédiatement dans le canon.

» Ainsi, pour les poudres au fulmicoton, bien que l'exposant γ ait pour valeur initiale $\frac{2}{3}$, l'expérience a montré qu'il fallait lui attribuer les valeurs moyennes $\frac{3}{4}$ et même parfois supérieures à 0,8 pour reproduire les résultats observés dans le tir.

» On doit donc se représenter la courbe réelle comme composée d'une suite d'arcs de la forme définie par l'équation (1), où β prendrait une série de valeurs comprises entre 2 et 5 et se confondant, par suite, sensiblement avec une courbe unique de la même forme, où l'exposant β aurait une valeur moyenne, et c'est cette valeur qui est précisément fournie par l'équation (2).

» Nous conserverons toutefois l'équation (4) pour déduire, non plus l'exposant β de la valeur théorique ou initiale de γ, mais, tout au contraire, pour estimer la valeur moyenne que doit prendre l'exposant γ pour que la courbe théorique se confonde sensiblement avec la courbe correspondant à l'exposant β donné par la formule expérimentale (2).

» En rapprochant les équations (2) et (4) déduites de considérations absolument indépendantes, on arrive à la relation

$$\alpha + 2\gamma = 3, \tag{5}$$

qui présente cette particularité que l'hypothèse $2\gamma - 3 = 0$ correspond théoriquement à des impossibilités balistiques, ce que fait également l'hypothèse $\alpha = 0$. Cette relation constitue ainsi un lien et une justification *a posteriori* du système des deux formules, et mérite d'être retenue.

» Nous conclurons donc en énonçant que :

» L'exposant moyen de combustion γ, pour les poudres sans fumée, est

la moitié du complément à 3 du coefficient de fatigue α dans le tir considéré.

» Toutefois, cette conclusion n'est valable que dans les limites où la formule (2) l'est elle-même, c'est-à-dire pour des valeurs de α comprises entre $\frac{4}{3}$ et $\frac{7}{3}$. »

PHYSIQUE. — *Sur l'analogie entre les rayons X et les oscillations hertziennes.* Note de M. P. Duhem.

« On sait que Helmholtz a donné, de la propagation des ondes dans les milieux diélectriques, une théorie qui admet l'existence non seulement d'ondes transversales, mais encore d'ondes longitudinales; la vitesse de propagation de ces dernières dépend de la valeur du coefficient k.

» Dans diverses publications ([1]), nous avons proposé une détermination de ce coefficient k. Cette détermination conduit aux conclusions que voici ([2]) :

» *Les ondes électromagnétiques transversales se propagent dans les milieux diélectriques suivant les lois de la théorie électromagnétique de la lumière.*

» *Les ondes électromagnétiques longitudinales se propagent dans tous les milieux diélectriques avec une même vitesse, égale à la vitesse de la lumière dans le vide; elles se propagent aussi avec cette même vitesse dans les conducteurs parfaits.*

» Dans notre enseignement, nous avons, à plusieurs reprises, fait remarquer l'analogie qui semble exister entre les oscillations électriques longitudinales régies par ces lois et les rayons X. Sans nous faire illusion sur le caractère conjectural de cette analogie, nous avons cru intéressant de la rappeler au moment de la publication des belles expériences de M. Blondlot. »

([1]) *Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes* (*L'Éclairage électrique,* t. IV, 1895, p. 494).

([2]) *Sur la théorie électrodynamique de Helmholtz et la théorie électromagnétique de la lumière* (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles,* série II, t. V, 1901, p. 227).

M. **Gaston Bonnier** fait hommage à l'Académie du deuxième fascicule (1re et 2e Parties) du « Cours de Botanique » publié par lui en collaboration avec M. *Leclerc du Sablon* :

« Ce fascicule a trait, comme le premier, aux Angiospermes. On y trouve la fin de l'étude de la racine; l'historique des recherches sur la tige, la feuille et la racine; l'étude de la fleur, du fruit, de la graine, du développement de la plante; l'historique des recherches sur la fleur et le fruit. Enfin, le fascicule se termine par l'exposé des caractères de la première série de familles d'Angiospermes, y compris le développement, la structure anatomique et les applications. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **R. Legouez** adresse un Mémoire « Sur une extension de la théorie analytique de la chaleur de Fourier au cas de la congélation ».

(Commissaires : MM. Maurice Levy, Boussinesq, Sarrau.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour une place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, devenue vacante par suite du décès de M. *Cornu*.

(Renvoi à une Commission composée des Sections d'Astronomie, de Géographie et Navigation, et de Géométrie.)

M. **Andoyer**, M. **P. Puiseux** prient l'Académie de vouloir bien les comprendre parmi les candidats à la place devenue vacante, dans la Section d'Astronomie, par le décès de M. *Faye*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les récentes lueurs crépusculaires observées à Bordeaux.* Note de M. **E. Esclangon**.

« Les récentes lueurs crépusculaires ont de nouveau attiré l'attention sur ce phénomène dont les causes restent obscures et sur lequel des opi-

nions diverses ont été émises. Ces lueurs ont été observées régulièrement à Bordeaux dès leur apparition. Cette apparition n'a pas été soudaine; elle est passée inaperçue jusqu'au moment où l'intensité du phénomène est devenue vraiment considérable.

» Dès le 23 octobre, et les jours suivants, j'avais remarqué que le ciel était fortement coloré après le coucher du Soleil; mais, comme l'horizon se montrait brumeux, je n'avais attaché au phénomène aucune importance particulière. Le ciel est resté couvert le 26 et le 27; mais, le 28, le ciel étant redevenu beau, les lueurs ont apparu avec une intensité extraordinaire qui, ce jour-là, a attiré l'attention générale. Le 29 et le 30, l'intensité n'avait que peu varié. Les lueurs apparaissaient un peu avant le coucher du Soleil. Le ciel tout entier se montrait illuminé, teinté de rose ou rouge clair. Après le coucher du Soleil, la coloration s'accentuait; près de l'horizon, la teinte d'abord un peu jaunâtre virait au rouge et, en se dégradant, s'étendait jusqu'au zénith. A mesure que le jour baissait, la limite des régions illuminées s'accentuait et marchait vers l'ouest, pour disparaître finalement sous l'horizon avec une netteté parfaite. Le 31, le ciel était couvert, mais le 1er et le 2 novembre l'illumination était encore considérable, quoique plus faible. Le 3 novembre, *il n'y avait plus trace d'illumination,* et pourtant ce jour-là le ciel était d'une remarquable pureté. La disparition du phénomène a donc été *brusque,* et cette circonstance est particulièrement importante, eu égard à l'opinion qu'on peut se faire sur la cause de ces lueurs anormales. Mais il y a plus : les lueurs crépusculaires du *soir* ont cessé de se montrer après le 2 novembre, tandis qu'elles continuaient à paraître le matin. Dans les matinées du 5, du 8 et du 11 novembre, le ciel s'est montré très vivement et très richement coloré; la teinte seulement était un peu plus jaune. A partir du 30 octobre, j'ai fait quelques observations sur la polarisation atmosphérique. Le 30, au Soleil couchant, dans l'azimut du Soleil et à 90° de cet astre, j'ai trouvé 0,313 comme proportion de lumière polarisée. Le 3 novembre, cette proportion était un peu plus grande : 0,46. Ces chiffres n'ont rien en somme d'anormal. Il eût été intéressant d'étudier les déplacements des points *neutres,* mais l'appareil dont je disposais ne permettait pas de faire commodément ces observations.

» Les circonstances les plus intéressantes du phénomène paraissent être ici : 1° la cessation brusque des lueurs du soir; 2° leur continuation par les lueurs du matin.

» Elles paraissent difficilement conciliables avec l'hypothèse des poussières cosmiques d'origine quelconque; le phénomène devrait, dans ce cas, se montrer indifféremment le soir et le matin. Il semblerait préférable d'adopter l'opinion d'après laquelle ces lueurs seraient dues à la suspension, dans les régions élevées de l'atmosphère, d'une poussière de glace. La disparition subite du phénomène s'expliquerait alors par un réchauffement subit qui aurait anéanti ou transformé ces nuages de glace, la température devenant le matin assez basse pour reproduire le phéno-

mène. Quoiqu'il puisse n'y avoir qu'un rapport éloigné entre les températures des régions élevées et les températures observées au niveau du sol, voici un Tableau qui semble assez significatif :

Dates.	Température moyenne.	
29 octobre	8,4	Intensité maximum des lueurs.
30 »	5,1	
31 »	6,4	
1er novembre....	6,3	
2 »	6,3	Dernier jour de visibilité.
3 »	11,3	
4 »	16,6	
5 »	17,1	
6 »	15,1	
7 »	10,2	
8 »	12,2	

» On voit avec quelle netteté le saut brusque des températures coïncide avec la disparition des lueurs du soir. Quant à la coïncidence des époques d'observations de lueurs crépusculaires et des chutes d'étoiles filantes, elle pourrait aussi s'interpréter en disant que les lueurs crépusculaires constituent un phénomène météorologique qui, comme les brouillards, par exemple, se manifeste de préférence vers la mi-automne. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation approchée des fonctions.* Note de M. W. Stekloff, présentée par M. E. Picard.

« Soit ψ une fonction de x, continue, admettant la dérivée du premier ordre dans l'intervalle donné (a, b) et s'annulant pour $x = a$, $y = b$; soit φ une autre fonction satisfaisant à la seule condition

$$\int_a^b \varphi^2 \, dx < Q^2,$$

Q étant un nombre assignable.

» Désignons par V_n $(n = 1, 2, 3, \ldots)$ les fonctions vérifiant les conditions suivantes :

$$V''_n + k_n p(x) V_n = 0, \qquad V_n(a) = 0, \qquad V_n(b) = 0$$

(voir ma Note précédente). *Quelles que soient les fonctions ψ et φ, satisfaisant*

aux conditions tout à l'heure énoncées, on a toujours

$$(1)\quad \int_a^b p\psi\varphi\,dx = \sum_{k=1}^{n} \mathrm{A}_k\mathrm{B}_k + \tau_n,\qquad \mathrm{A}_k = \int_a^b p\varphi\mathrm{V}_k dx,\qquad \mathrm{B}_k = \int_a^b p\psi\mathrm{V}_n dx,$$

où [voir mon Mémoire : *Problème de refroidissement, etc.* (*Annales de Toulouse*, 1901, p. 305 et 306)]

$$(2)\qquad |r_n| < \frac{\mathrm{K}\sqrt{\int_a^b \psi'^2\,dx}}{\sqrt{k_{n+1}}}.$$

» Il importe de remarquer que *la démonstration de l'égalité* (1) *ne dépend nullement du théorème de Weierstrass-Picard sur le développement des fonctions en séries des polynomes.*

» Posons maintenant

$$\varphi_n = f - \sum_{k=1}^{n} \mathrm{A}_k\mathrm{V}_k,\qquad \mathrm{A}_k = \int_a^b pf\mathrm{V}_k\,dx,$$

en désignant par f une fonction quelconque, continue dans l'intervalle (a, b).

» Il est évident que φ_n satisfait à l'inégalité

$$\int_a^b \varphi_n^2\,dx < \frac{1}{p_0}\int_a^b p\varphi_n^2\,dx < \frac{p_1}{p_0}\int_a^b f^2\,dx = \mathrm{Q}^2,$$

p_1 et p_0 désignant le maximum et le minimum de $p(x)$ dans l'intervalle donné, Q étant un nombre ne dépendant pas de l'indice n.

» Désignons par α et β $(\beta > \alpha)$ deux nombres quelconques, compris entre les limites a et b, et considérons l'intervalle (α, β) qu'on peut représenter géométriquement par un segment $\overline{\alpha\beta}$ de l'axe des x. Désignons par $\overline{\mathrm{AB}}$ le segment correspondant à l'intervalle donné (a, b). On peut toujours construire une fonction ψ, continue avec sa dérivée du premier ordre en tous les points du segment $\overline{\mathrm{AB}}$, égale à zéro pour

$$a \leqq x \leqq \alpha,\qquad \beta \leqq x \leqq b$$

et restant positive en tous les points du segment $\overline{\alpha\beta}$.

» Cela posé, appliquons la formule (1) aux fonctions ψ et φ_n. On aura

$$\int_a^b p\psi\varphi_n\,dx = \int_\alpha^\beta p\psi\varphi_n\,dx = r_n,$$

d'où, en tenant compte du théorème de la moyenne, on tire

$$\varphi_n(\xi)\int_\alpha^\beta p\psi\,dx = \varphi_n(\xi)\mathrm{M} = r_n,$$

ξ désignant un point, situé à l'intérieur du segment $\overline{\alpha\beta}$. Désignons par m le minimum, par N^2 le maximum de toutes les valeurs des intégrales

$$\int_\alpha^\beta p\psi\,dx, \quad \int_\alpha^\beta \psi'^2\,dx,$$

correspondant aux diverses positions possibles du même segment $\overline{\alpha\beta}$ à l'intérieur du segment $\overline{\mathrm{AB}}$. On aura, en tenant compte de (2),

$$|\varphi_n(\xi)| < \frac{\mathrm{KN}}{m\sqrt{k_{n+1}}}.$$

Cette inégalité a lieu, quel que soit le nombre de n; en le choisissant convenablement, on trouve

$$(3) \qquad |\varphi_n(\xi)| < \varepsilon,$$

ε étant un nombre positif, donné à l'avance. Il existe donc un point ξ, intérieur au segment $\overline{\alpha\beta}$, quelle que soit sa position à l'intérieur du segment donné $\overline{\mathrm{AB}}$, tel que le module de $\varphi_n(x)$ en ce point sera plus petit qu'un nombre ε, donné à l'avance. Considérons une position quelconque du segment $\overline{\alpha\beta}$; supposons qu'il subisse un déplacement continu suivant l'axe des x. Le point ξ, correspondant à chaque position du segment $\overline{\alpha\beta}$, le subira également, car φ_n est une fonction continue. Lorsque le segment $\overline{\alpha\beta}$ prendra la position $\overline{\beta\beta_1}$, le point ξ se déplacera de ξ à un point ξ_1 situé à l'intérieur de $\overline{\beta\beta_1}$, et passera par tous les points du segment $\overline{\xi\xi_1}$. Il s'ensuit que le module de $\varphi_n(x)$ doit rester inférieur au nombre ε pour tous les points de l'intervalle $\overline{\xi\xi_1}$, puisque l'inégalité a lieu pour toutes les positions du segment $\overline{\alpha\beta}$ sur l'axe des x.

» En continuant les mêmes raisonnements et en remarquant qu'ils restent vrais quelle que soit la grandeur du segment $\overline{\alpha\beta}$, nous nous assurerons aisément que l'inégalité (3) a lieu pour tous les points de l'intervalle donné $\overline{\mathrm{AB}}$. On obtient ainsi le théorème suivant :

» Théorème. — *On peut trouver une suite finie*

$$\varphi_n = \mathrm{A}_1\mathrm{V}_1 + \mathrm{A}_2\mathrm{V}_2 + \ldots + \mathrm{A}_n\mathrm{V}_n$$

telle que la fonction donnée f, continue dans un intervalle quelconque (a, b), puisse être représentée dans cet intervalle par φ_n avec l'approximation donnée à l'avance.

» Posant, en particulier,

$$p(x)=1, \qquad q=0, \qquad h=H=\infty,$$

nous obtiendrons

$$V_n=\sqrt{\frac{2}{b-a}}\sin\frac{n\pi(x-a)}{b-a}.$$

» *On peut donc, en choisissant convenablement le nombre n, trouver une suite finie de Fourier*

$$\varphi_n=\frac{2}{b-a}\sum_{k=1}^{n}\sin\frac{n\pi(x-a)}{b-a}\int_a^b f\sin\frac{n\pi(x-a)}{b-a}\,dx$$

telle que la fonction continue f puisse être représentée dans l'intervalle (a, b) par φ_n avec l'approximation donnée à l'avance. C'est le théorème analogue à celui de Weierstrass-Picard. De ce théorème résulte immédiatement le théorème connu sur la représentation approchée et sur le développement des fonctions continues en séries de polynomes.

» Il importe de remarquer que la série $\sum_{k=1}^{\infty} A_k V_k$ et, en particulier, la série de Fourier seront, en général, *divergentes*, mais, comme l'on voit, nous pouvons les utiliser toujours sans scrupule, comme les séries convergentes, pour le calcul approximatif des fonctions continues. Les résultats ainsi obtenus seront toujours exacts au point de vue de la pratique. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure des groupes infinis.* Note de M. E. CARTAN, présentée par M. E. Picard.

« La théorie de l'équivalence des systèmes de Pfaff, qui a fait l'objet d'une Note présentée récemment à l'Académie, m'a conduit à une théorie de la structure des groupes qui s'applique aussi bien aux groupes infinis (définis par des équations aux dérivées partielles) qu'aux groupes finis.

» Avant de définir ce que j'appellerai *groupes de même structure* ou *groupes isomorphes*, je conviendrai de dire, étant données $m+n$ variables,

$$x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_m; \quad y_1, \quad y_2, \quad \ldots, \quad y_n,$$

que de deux groupes G et G′, l'un transformant les x, l'autre les x et les y, le second G′ est le *prolongement* du premier G, si G′ transforme entre elles les variables x et cela de la même manière que le groupe G. Le prolongement sera dit *holoédrique* si la transformation identique est la seule transformation de G′ qui laisse invariantes toutes les variables x.

» Cela étant, deux groupes G et G_1 seront dits *isomorphes* s'il existe, dans un même nombre de variables, deux groupes G′ et G'_1 *semblables*, qui résultent respectivement du prolongement holoédrique de G et de G_1. Le groupe G sera dit *isomorphe mériédrique du groupe* G_1 si G'_1 seul est le prolongement holoédrique de G_1 et si, de plus, G et G_1 ne sont pas isomorphes holoédriques.

» Cette définition de l'isomorphisme concorde avec la définition ordinaire dans le cas des groupes finis; en particulier, tout groupe fini intransitif est isomorphe d'un groupe fini transitif.

» Or, d'après la théorie dont il est question au début de cette Note, on peut toujours prolonger holoédriquement un groupe fini, de manière qu'il laisse invariantes r expressions de Pfaff, $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$, formant un système complet fermé ([1]), et alors les covariants de ces r expressions sont de la forme

$$(1) \qquad \omega'_s = \sum_{i,k}^{1,2,\ldots,r} c_{iks}\omega_i\omega_k \qquad (s = 1, 2, \ldots, r),$$

où les c_{iks} sont des *constantes* assujetties à certaines relations. On retrouve la représentation ordinaire de la structure des groupes finis.

» Si le groupe est infini et, pour fixer les idées, transitif, il se passe quelque chose d'analogue. On peut toujours le prolonger holoédriquement de manière à le définir comme *le plus grand groupe laissant invariantes r expressions de Pfaff*, $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$, *formant encore un système complet, mais qui n'est plus fermé;* ces r expressions s'obtiennent très facilement si l'on connaît les équations de définition du groupe. Les covariants de ces r expressions sont alors de la forme

$$(2) \qquad \omega'_s = \sum_{i,k} c_{iks}\omega_i\omega_k + \sum_{i,\lambda}^{\lambda=1,\ldots,\rho} \alpha_{\lambda is}\omega_i\varpi_\lambda \qquad (s = 1, 2, \ldots, r),$$

([1]) Cela signifie que le système

$$\omega_1 = \omega_2 = \ldots = \omega_r = 0$$

est complètement intégrable et que les covariants bilinéaires des ω sont des expressions bilinéaires en $\omega_1, \ldots, \omega_r$ seulement.

les ϖ_λ désignant ρ nouvelles expressions de Pfaff. Les c_{iks} et les $\alpha_{\lambda is}$ sont encore des constantes. Si le groupe est intransitif, il en est de même, sauf que les coefficients c et α peuvent être des fonctions des invariants du groupe.

» Ces quantités c et α ne sont d'ailleurs pas arbitraires. Je n'énonce pas les conditions nécessaires auxquelles elles doivent satisfaire; je me contente de signaler ce fait important que les ρ transformations infinitésimales

$$\sum_{i,s}^{1,2,\ldots,r} \alpha_{\lambda is}\omega_i \frac{\partial f}{\partial \omega_s} \qquad (\lambda = 1, 2, \ldots, \rho)$$

forment un groupe linéaire G que nous disons *associé* au groupe infini considéré.

» D'ailleurs le système $(\omega_1, \ldots, \omega_r)$ n'est pas unique; mais il est très vraisemblable, et cela est certain pour les groupes transitifs simples dont il sera question plus loin, qu'il existe une valeur minima de r et un système unique déterminé d'où tous les autres peuvent se déduire par des procédés simples. Ce nombre minimum r définit l'*ordre* du groupe.

» Pour les groupes infinis il y a une différence essentielle, au point de vue de la structure, entre les groupes transitifs et les groupes intransitifs. Certains groupes intransitifs ne sont isomorphes à aucun groupe transitif : par exemple le groupe

$$x' = x, \qquad y' = y + f(x).$$

» D'une manière plus précise, considérons le système

$$\sum_i \alpha_{\lambda is}\omega_i = 0 \qquad (\lambda = 1, \ldots, \rho; \ s = 1, 2, \ldots, r):$$

Ce système est complètement intégrable; ceux des invariants du groupe qui sont des intégrales de ce système ne peuvent pas être éliminés; les autres peuvent l'être sans changer la structure.

» Il se produit alors ce fait remarquable que, tandis que la structure des groupes transitifs ne dépend que de constantes, *celle des groupes intransitifs peut dépendre, en outre, de fonctions;* je citerai les deux groupes suivants :

(3) $\quad x' = x, \qquad y' = f(y), \qquad z' = z[f'(y)]^x + \varphi(x, y);$

(4) $\quad x' = x, \qquad y' = yf(x) + \varphi(x), \qquad z' = z[f(x)]^x + \psi(x).$

» Les applications que l'on peut faire des groupes à la recherche des

caractéristiques des systèmes différentiels (lorsqu'elles ne dépendent que de constantes arbitraires) montrent une fois de plus l'importance des groupes *simples, définis comme des groupes n'admettant aucun groupe qui leur soit isomorphe mériédrique,* ce qui n'exclut pas d'ailleurs l'existence possible de *sous-groupes invariants.* On est ramené à des problèmes dont chacun est caractérisé par un groupe transitif simple, et ces différents groupes simples sont aussi facilement déterminables d'après les formules (2) que dans le cas des groupes finis.

» Comme résultats intéressants je signalerai les suivants :

» *Le seul groupe transitif simple dont les équations dépendent d'une fonction arbitraire d'un argument est isomorphe au groupe général à une variable. Il n'y a pas de groupes transitifs simples dont les équations dépendent de deux fonctions arbitraires d'un argument.*

» Tous les groupes infinis d'ordre 1, 2, 3 se déterminent sans aucune difficulté; ils ne fournissent aucun groupe transitif simple qui ne soit bien connu. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les électrodes bipolaires.* Note de MM. **André Brochet** et **C.-L. Barillet**, présentée par M. Moissan.

« Nous avons été amenés à étudier comment se comporte une électrode bipolaire lorsqu'elle ne forme pas cloison étanche et, d'une façon générale, quelle est l'influence d'une masse métallique placée dans un électrolyseur et ne communiquant pas avec les électrodes.

» Dans une première série de recherches nous avons pris comme électrolyte le sulfate de cuivre, en raison de la facilité de sa décomposition et de l'exactitude avec laquelle on peut se rendre compte qualitativement et quantitativement de la marche de l'électrolyse.

» L'augmentation de poids de la cathode permet de déterminer la quantité d'électricité qui a traversé l'électrolyseur. Les résultats que nous publions aujourd'hui ont été obtenus au moyen d'une électrode bipolaire en platine, l'interélectrode, le côté de cette lame en regard de l'anode étant l'intercathode, le côté face à la cathode, l'interanode.

» L'augmentation de poids de la lame de platine correspondant au cuivre déposé sur l'intercathode permet d'évaluer la quantité d'électricité ayant traversé cette lame.

» Pour une surface déterminée de l'interélectrode en rapport avec les

constantes de l'électrolyseur, on remarque qu'il ne se forme, au-dessous d'une certaine densité de courant, aucun dépôt sur la lame de platine, celle-ci se comportant comme une lame non conductrice et n'ayant d'autre résultat que d'augmenter la résistance ohmique du bain et la tension aux bornes de l'électrolyseur. Mais à partir d'une densité de courant déterminée, correspondant dans tous les cas à une différence de potentiel aux bornes supérieure à la tension de décomposition du sulfate de cuivre, une certaine quantité d'électricité traverse la lame de platine, ce qui est démontré par le dépôt de cuivre sur l'interanode et un dégagement gazeux sur l'intercathode.

» Le dépôt de cuivre affecte des contours variables suivant la déformation du flux de courant produite par l'électrode bipolaire; dans les conditions des expériences présentes nous avons toujours eu un cercle au centre de l'intercathode.

» Si nous augmentons le rapport entre la surface de la lame et la section de l'électrolyseur, on remarque que pour une même densité de courant le dépôt sur l'intercathode et la différence de potentiel aux bornes sont plus considérables.

» Il ne suffit pas que la différence de potentiel aux bornes soit supérieure à la tension de décomposition pour que le courant traverse la bipolaire, il faut encore que le rapport des surfaces soit assez élevé; d'ailleurs, sauf le cas où ces surfaces sont presque de mêmes dimensions, le rapport entre la quantité d'électricité traversant la bipolaire et la quantité fournie à l'électrolyseur est toujours très faible, ce qui se conçoit aisément, les lignes de courant passant de préférence par le conducteur liquide, en raison de la résistance apparente présentée par l'interélectrode, du fait de la tension de décomposition et autres phénomènes dus à la polarisation.

» Dans le Tableau ci-dessous nous avons réuni quelques résultats obtenus pour un écart de 4^{cm}, 8^{cm} et 12^{cm} entre des électrodes de $13^{cm},5$ de côté.

» Les valeurs placées dans les colonnes U indiquent les tensions aux bornes en volts; les valeurs des colonnes D indiquent, en millimètres, le diamètre du cercle de cuivre. Il y a lieu de remarquer que les dépôts obtenus avec moins de 2 volts sont insignifiants comme épaisseur.

	12^{cm}.		8^{cm}.		4^{cm}.	
I.	U.	D.	U.	D.	U.	D.
amp	volts	mm	volts	mm	volts	mm
4,0	3,4	50	2,82	50	1,80	30
3,5	»	»	»	»	1,66	25

	12cm.		8cm.		4cm.	
I.	U.	D.	U.	D.	U.	D.
amp	volts	mm	volts	mm	volts	mm
3,0	2,7	25	2,16	18	1,34	15
2,5	»	»	1,79	14	»	»
2,0	1,83	17	1,45	insignifiant	»	»
1,5	1,38	insignifiant	»	»	»	»

» Quant à la quantité d'électricité qui a traversé l'interélectrode, elle est toujours très faible. C'est ainsi qu'avec une distance de 12^{cm} entre les électrodes et pour une intensité de 4 ampères, c'est-à-dire dans les meilleures conditions du Tableau précédent, le dépôt pendant 1 heure n'est que de $0^g,11$ sur l'interélectrode, alors qu'il est de $4^g,46$ sur la cathode. Il n'est donc passé au travers de la bipolaire que 2,5 pour 100 du courant fourni à l'appareil. Avec un électrode n'ayant que $7^{cm},5$, le dépôt n'est que $0^g,02$, ce qui correspond à moins de 0,50 pour 100 du courant total.

» Passons brièvement en revue quelques points intéressants que nous étudierons plus complètement dans une autre publication, en y joignant le détail de nos expériences.

» 1° Si au lieu d'une électrode bipolaire nous en mettons deux, à densité de courant égale la tension est plus élevée et le dépôt plus faible. De plus, ce dépôt est plus important sur l'interélectrode voisine de l'anode.

» 2° Si l'on déplace un électrode bipolaire soit vers l'anode, soit vers la cathode, on constate que la tension aux bornes diminue.

» 3° Si l'on déplace une électrode bipolaire en maintenant l'intensité constante, on remarque que la surface du dépôt augmente et que son épaisseur diminue si on la rapproche de l'anode; au contraire, la surface du dépôt diminue, mais son épaisseur augmente si on la rapproche de la cathode.

» 4° Si l'on prend comme interélectrode une lame de platine dont le côté anode a été recouvert préalablement d'une couche de cuivre, l'interanode agissant comme électrode soluble, il se forme sur l'intercathode un dépôt sensiblement uniforme, puis, lorsque le métal anodique est complètement disparu la tension aux bornes s'élève presque instantanément et le cuivre déposé sur les bords de l'intercathode se dissout peu à peu; finalement il reste sur l'intercathode un cercle plus grand que celui obtenu par dépôt direct. Entre le cercle ainsi rongé et le cercle formé par le dépôt pendant la marche régulière se trouve un anneau correspondant à une zone neutre. Ce fait s'explique également d'après ce que nous avons dit

précédemment : une ligne de courant, pénétrant par la partie centrale de la lame de platine par le côté intercathode, sortira plutôt par les bords de cette face, lorsqu'il s'y trouve encore du cuivre, que par le côté interanode insoluble.

» 5° Si l'on répète l'essai précédent dans des conditions telles que la tension aux bornes soit inférieure à la tension de décomposition du sulfate de cuivre, le même fait se produit, et le cuivre s'accumule au centre de l'intercathode, puis l'action s'arrête, le poids de la lame restant invariable pendant la durée de l'expérience.

» Dans une prochaine Note nous étudierons ce qui se passe dans le cas d'une interanode soluble. »

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la constante de temps caractéristique de la disparition de la radioactivité induite par le radium dans une enceinte fermée.* Note de M. P. Curie, présentée par M. A. Potier.

« Dans des recherches antérieures nous avons, M. Debierne et moi, étudié les conditions dans lesquelles se produisent les phénomènes de la radioactivité induite [1]. Dans cette Note j'examinerai la manière dont disparaît la radioactivité induite quand on a supprimé l'action du radium.

» Une enceinte fermée renferme un sel solide ou une dissolution de sel de radium. Tous les corps placés dans l'enceinte deviennent radioactifs. Si l'on retire de l'enceinte un corps solide qui y a été activé, il perd à l'air libre son activité suivant une loi d'allure exponentielle, l'activité radiante diminuant de moitié pour des temps de l'ordre de grandeur d'une demi-heure.

» Une enceinte en verre s'active intérieurement lorsqu'elle est mise en communication par un tube avec un flacon renfermant un sel de radium. On peut séparer l'enceinte activée du radium en fermant à la lampe le tube de communication ; l'activité des parois de l'enceinte fermée ainsi séparée diminue aussi avec le temps, mais suivant une loi exponentielle bien moins rapide que dans le cas de la désactivation à l'air libre. L'activité décroît alors de moitié en 4 jours.

» Dans cette deuxième expérience, de l'air radioactif a été enfermé dans l'enceinte ; c'est lui qui entretient l'activité des parois. On peut se rendre

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 548 et 768 ; t. CXXXIII, p. 276 et 931.

compte qu'il en est bien ainsi : si l'on ouvre l'enceinte activée et que l'on chasse l'air qu'elle renferme, les parois de l'enceinte se désactivent à partir de ce moment suivant le mode rapide de désactivation, l'activité baissant de moitié en un temps de l'ordre de grandeur d'une demi-heure. On obtient encore la même loi de désactivation avec l'enceinte fermée si l'on a retiré l'air actif en faisant le vide. Le résultat est encore le même si, après avoir fait le vide, on laisse rentrer l'air non actif dans l'enceinte maintenue ensuite fermée. Donc, de toute façon, lorsqu'on a enlevé de l'intérieur du tube l'air modifié par le radium, on obtient le mode rapide de désactivation des parois.

» Je ne m'occuperai dans cette Note que de la loi de désactivation dans le cas d'une enceinte close, renfermant des gaz activés. J'emploie le plus souvent, comme enceinte close, un tube de verre scellé à la lampe. Ce tube de verre est placé dans le cylindre intérieur d'un condensateur cylindrique en aluminium. Les rayons émis par le tube traversent l'aluminium et rendent conducteur l'air entre les armatures du condensateur. On mesure le courant limite que l'on obtient entre les deux armatures, lorsqu'on maintient entre elles une différence de potentiel suffisante (450 volts). Le rayonnement, ainsi mesuré, est dû exclusivement à la radioactivité des parois, car, lorsqu'on retire rapidement l'air actif du tube, le rayonnement mesuré immédiatement après est le même qu'avant.

» La loi de désactivation d'une enceinte fermée est remarquablement simple. L'intensité du rayonnement I est exprimée en fonction du temps t par une loi exponentielle

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\theta}},$$

I_0 étant l'intensité initiale, e la base des logarithmes népériens et θ une certaine constante qui représente un temps.

» En portant le logarithme de I en ordonnées et t en abscisses, les points représentatifs des expériences viennent se placer sur une droite, les écarts n'ayant pas de caractère systématique et ne dépassant pas l'erreur possible des expériences (1 pour 100 sur la valeur de I).

» Certaines séries de mesures ont été poursuivies pendant 20 jours; l'intensité du rayonnement était devenue, au bout de ce temps, vingt-sept fois plus faible qu'au début, et la loi de désactivation s'appliquait toujours.

» J'ai fait des expériences dans des conditions extrêmement variées, et cependant elles ont toutes donné la même valeur pour la constante de temps θ. La valeur moyenne, qui résulte des déterminations concordantes

obtenues dans 24 séries d'expériences, est : $\theta = 4,970 \times 10^5$ secondes (5,752 jours).

» D'après cette valeur de θ, l'intensité du rayonnement baisse de moitié en 3 jours 23 heures 42 minutes, soit sensiblement en 4 jours.

» La constante θ reste la même : 1° en employant, pour activer les tubes, des solutions de sels de radium d'activité très différente; 2° en employant, pour activer, le chlorure de radium solide; 3° en faisant varier les dimensions des enceintes activées (de 3^{cm^3} à 2000^{cm^3}), ainsi que la forme de ces enceintes; 4° en faisant varier l'épaisseur du verre; 5° en employant des enceintes à parois de cuivre ou d'aluminium au lieu d'enceintes en verre; 6° en activant par l'intermédiaire de tubes larges et courts ou longs et capillaires; 7° en faisant varier le temps de l'activation par le radium entre 15 minutes et 1 mois; 8° en activant sous des pressions d'air plus faibles que la pression atmosphérique jusqu'à une pression de 2^{cm} de mercure et en laissant le tube se désactiver scellé sous cette pression réduite; 9° en opérant avec de l'hydrogène ou avec de l'acide carbonique au lieu d'air à l'intérieur des tubes activés.

» Enfin, j'ai opéré dans des conditions bien différentes en prenant comme mesure de l'activité l'intensité du courant électrique passant entre deux électrodes situées dans l'intérieur des tubes activés. La loi de désactivation est encore la même; cependant, dans ce cas, la conductibilité que l'on mesure est due à la fois à la radioactivité des parois et à celle du gaz de l'enceinte.

» Il résulte de ces nombreuses mesures que la constante de temps qui caractérise la diminution de l'activité d'une enceinte activée fermée n'est nullement influencée par les conditions de l'expérience, par la nature du gaz qui remplit l'enceinte ou de la matière qui en constitue les parois.

» La constante de temps θ est donc une constante qui ne comporte aucun caractère spécifique, et, par suite, elle doit avoir une importance d'ordre général. Les mesures se font dans des conditions telles que j'estime que cette constante est susceptible d'être déterminée avec une très grande précision.

» Dans des Notes antérieures nous avons admis, M. Debierne et moi, que chaque atome de radium fonctionne comme une source d'énergie qui se dissipe par rayonnement ou par conduction de proche en proche dans des corps fluides. Les expériences actuelles montrent que dans les gaz l'énergie est emmagasinée sous une forme spéciale qui se dissipe suivant une loi exponentielle. On peut admettre que cette énergie s'épuise parce qu'elle est utilisée à entretenir la radioactivité du gaz et des parois. »

PHYSIQUE. — *Sur l'hydrogène atmosphérique.* Note de M. **Anatole Leduc**, présentée par M. Lippmann.

« La publication récente d'expériences de lord Rayleigh [1] sur la présence de l'hydrogène dans l'atmosphère m'a incité à présenter une remarque qui me semble maintenant décisive.

» Je rappellerai d'abord que j'ai déterminé par une méthode directe, en poids, la masse d'oxygène contenue dans 1^{g} d'air atmosphérique préalablement traité par la potasse et les desséchants. J'ai dit comment je me suis assuré de la fidélité de la méthode et montré que l'erreur qu'elle comporte ne peut guère dépasser $\frac{1}{10000}$ [2].

» J'ai trouvé que l'air de Paris et des environs contient de 0,2318 à 0,2323 d'oxygène.

» D'autre part, on peut déduire la composition de cet air de la connaissance des densités par rapport à lui de l'oxygène et de l'azote atmosphérique.

» On écrit, en désignant par d et d' ces densités, et par x la teneur de l'air en oxygène, en volume :

$$xd + (1 - x)d' = 1. \tag{1}$$

» On en tire aisément la teneur en poids xd. Or, en remplaçant d et d' par les nombres provenant de mes déterminations, on trouve

$$xd = 0,2322 \text{ (par excès)},$$

qui concorde parfaitement avec la moyenne des résultats obtenus par pesées.

» Mais : 1° Cette équation, dite *des masses*, admet implicitement la loi du mélange des gaz de Dalton ;

» 2° Elle ne tient pas compte des gaz qui, comme l'hydrogène, existent dans l'air et non dans l'azote atmosphérique préparé au moyen du cuivre, avec les précautions que j'ai indiquées.

» La première cause d'erreur est ici négligeable ; mais il n'en serait pas

(1) Lord Rayleigh, *On the question of hydrogen in the atmosphere* (*Philos. Magazine,* 6e série, t. III, p. 416-422).

(2) A. Leduc, *Comptes rendus,* t. CXI, p. 262 ; t. CXIII, p. 129, et t. CXXIII, p. 805, et *Annales de Chimie et de Phys.,* 7e série, t. XV, p. 91 et suiv.

de même de la deuxième si l'hydrogène était aussi abondant dans l'atmosphère que l'indiqueraient les expériences de M. A. Gautier ([1]) : 1^{cm^3} dans 5^l.

» En effet, soient ε la proportion en volume de ce gaz et d'' sa densité. L'équation des masses devient

$$(2) \qquad xd + (1 - x - \varepsilon)d' + \varepsilon d'' = 1,$$

d'où l'on tire

$$(3) \qquad xd = \frac{d(1-d')}{d-d'}\left(1 + \varepsilon\frac{d'-d''}{1-d'}\right).$$

» Si l'on admet, avec M. Gautier, $\varepsilon = 0{,}0002$, on trouve

$$xd = 0{,}2336.$$

» Il faudrait donc supposer, ou bien que mes densités de gaz sont assez fortement erronées, ainsi d'ailleurs que celles de lord Rayleigh, ou bien que ma méthode en poids comporte une erreur systématique quinze fois plus forte que je ne l'ai admis : $\frac{15}{10000}$, en moyenne.

» Il résulte bien, cependant, de la discussion de mes déterminations que la valeur de xd calculée au moyen de l'équation (1) ne peut pas descendre au-dessous de 0,2317, tandis que la valeur moyenne déterminée directement ne peut dépasser 0,2322 ([2]).

» A supposer qu'il n'y eût point de formène dans l'atmosphère, la formule (3) donnerait, avec ces *valeurs extrêmes*, 0,00006, au lieu de 0,0002 ([3]).

» Les expériences de lord Rayleigh tranchent la question. On sait qu'il arrive, par des moyens variés, à cette conclusion : que la proportion de l'hydrogène libre dans l'air des campagnes est au moins six à huit fois plus faible que celle trouvée par M. Gautier.

» Or, si nous reprenons la formule (3) avec ces nouvelles valeurs de ε, nous trouvons que la proportion de l'oxygène est voisine de 0,2323. Mes conclusions relatives à l'accord des deux méthodes restent donc entières. »

([1]) A. GAUTIER, *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 13, 86 et 535.

([2]) Avec les nombres de lord Rayleigh, qui diffèrent à peine des miens, on arrive à une teneur très légèrement inférieure. Cela tient, ainsi que je l'ai montré, à ce que l'air de Londres est un peu moins riche en oxygène que celui de Paris.

([3]) On voit aisément qu'un égal volume de formène causerait une erreur plus de deux fois moindre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxalomolybdites.* Note de M. **Bailhache**, présentée par M. Haller.

« Ces oxalates complexes s'obtiennent en partant du sulfate de molybdène $Mo^2O^5 2SO^3$, que j'ai décrit dans une Note antérieure [1].

» Après avoir dissous dans l'eau le composé $Mo^2O^5 2SO^3$, on y ajoute 2^{mol} d'acide oxalique, pour chaque molécule de sulfate en expérience; on porte à l'ébullition, et l'on précipite tout l'acide sulfurique par une quantité calculée d'hydrate de baryum; la liqueur filtrée est additionnée de 1^{mol} de carbonate de potassium, qui s'y dissout avec effervescence, et concentrée dans un courant d'acide carbonique. Il se dépose par refroidissement des cristaux rougeâtres d'oxalomolybdite de potassium.

» Ce sel est recueilli, lavé à l'eau distillée et mis à sécher dans le vide, où il perd son eau d'hydratation, en même temps que sa couleur passe du rouge au jaune orangé.

» Ainsi déshydraté, il a donné à l'analyse : 65,80 pour 100 de dimolybdate de potassium; 24,50 pour 100 de C^2O^3; 16,20 pour 100 d'oxyde de potassium K^2O et 12,27 pour 100 d'eau.

» L'oxygène nécessaire pour l'oxydation totale tant de l'acide oxalique que du molybdène est de 8,22 pour 100. Cette détermination a été faite en solution sulfurique, à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate de potassium. Ces chiffres répondent sensiblement pour le sel jaune à la formule

$$MoO(OH)^3 C^2O^3 (OH) K.$$

» Les cristaux rouges perdent dans le vide une quantité d'eau variable d'une préparation à l'autre, par suite de la formation de plusieurs hydrates que je n'ai pas obtenus isolés.

» Pour comprendre la formation de ce sel à partir du sulfate $Mo^2O^5 2SO^3$, il me fallut étudier à nouveau les réactions données par les solutions dans l'eau de ce composé. Non seulement la potasse ou la soude, ou les carbonates correspondants produisent, dans cette solution, un précipité ressemblant à l'hydrate ferrique, mais il en est aussi de même avec les sels les plus divers, tels que le chlorure d'ammonium, le sulfate ou l'acétate de sodium. J'avais cru d'abord obtenir ainsi du bioxyde de molybdène hydraté, mais un examen plus attentif a infirmé cette hypothèse.

» J'ai particulièrement examiné le précipité obtenu par l'acétate de sodium, en opérant dans un courant d'hydrogène. On le lave avec une solution de ce sel que l'on

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXII, février 1901.

élimine ensuite par l'alcool. Ce précipité, séché dans le vide, donne, il est vrai, des proportions de métal et d'oxygène qui varient d'une expérience à l'autre; mais la quantité d'oxygène nécessaire pour faire passer tout le molybdène qu'il renferme, à l'état d'acide molybdique, déterminée par le bichromate de potassium, est toujours très inférieure à celle qui serait exigée pour l'oxydation du bioxyde.

» Ce fait s'explique aisément en admettant qu'on se trouve en présence d'un mélange variable de bioxyde de molybdène hydraté et d'un autre hydrate $Mo^2O^5 3H^2O = 2MoO(OH)^3$, qui n'est autre que l'hydrate de molybdényle de M. Peter Klason (1). C'est lui que l'on devrait obtenir seul, s'il n'était très facilement dissocié, en cours de préparation, en bioxyde de molybdène et en acide molybdique.

» Les réactions données par la solution aqueuse du sulfate de molybdène confirment cette manière de voir. En effet, additionnée de chlorure d'ammonium et saturée d'acide chlorhydrique gazeux, elle laisse déposer des cristaux vert d'herbe du chlorure double de molybdényle et d'ammonium.

» Cette réaction caractéristique, l'oxalomolybdite de potassium la donne également en dissolvant à chaud un mélange de ce sel et de chlorure d'ammonium dans l'acide chlorhydrique concentré :

$$\begin{aligned} &MoO(OH)^3C^2O^3(OH)K + 2AzH^4Cl + 4HCl \\ &\quad = MoOCl^3 2AzH^4Cl + KCl + C^2O^4H^2 + 3H^2O. \end{aligned}$$

» Traité par l'acide azotique étendu, l'oxalomolybdite de potassium se transforme en oxalomolybdate appartenant à la série des corps découverts par M. Péchard (2) :

$$2[MoO(OH)^3C^2O^3(OH)K] + O = 2[MoO^3C^2O^4HKH^2O] + H^2O.$$

» L'oxalomolybdite de potassium ne commence à perdre son eau de constitution que vers + 115°, et il faut le porter à + 180° pour le déshydrater complètement, mais il est déjà altéré, et la décomposition s'accélère, à mesure que la température s'élève, suivant l'équation

$$\begin{aligned} &2[MoO(OH)^3C^2O^3(OH)K] \\ &\quad = MoO^2 + MoO^4K^2 + 2CO + 2CO^2 + 4H^2O. \end{aligned}$$

» C'est en raison de cette union intime de l'eau dans ces sels, que j'ai supposé que l'hydrate de molybdényle entrait tout entier dans la molécule,

---

(1) *D. ch. G.*, t. XXXIV, p. 148.

(2) *Comptes rendus*, t. CVIII, p. 1052.

comme M. Wyrouboff a proposé de l'admettre pour les hydrates de sesquioxyde [1].

» L'oxalomolybdite d'ammonium se prépare par le même procédé. Ce sel forme un hydrate rougeâtre qui ne renferme qu'une seule molécule d'eau, qu'il perd dans le dessiccateur, en même temps que sa nuance passe du rouge au jaune. Ce sel jaune a la même constitution que le sel correspondant de potassium :

$$MoO(OH)^3(C^2O^3)(OH)AzH^4.$$

» Il donne, d'une façon générale, les mêmes réactions que ce dernier sel; mais, décomposé par la chaleur, il laisse un résidu de sesquioxyde de molybdène, qui retient une quantité importante d'azote. Cette décomposition est accompagnée d'un phénomène d'incandescence subite, qui se communique de proche en proche à toute la masse, avec une légère déflagration.

» Ces deux oxalomolybdites donnent, avec les sels de baryum, un précipité cristallin peu soluble dans l'eau. Cet oxalomolybdite de baryum s'obtient d'ailleurs avec la plus grande facilité, en suivant la méthode qui a servi pour le sel de potassium, à cette différence près que, après avoir éliminé l'acide sulfurique, on additionne la liqueur refroidie d'une solution de chlorure de baryum très diluée, en petit excès et légèrement acidifiée par l'acide chlorhydrique. En prenant ces précautions il se dépose lentement de forts beaux cristaux d'une nuance rouge foncé tirant sur le grenat, de la composition suivante :

$$\left.\begin{matrix} MoO(OH)^3\,C^2O^4H^2 \\ MoO(OH)^3\,C^2O^4Ba \end{matrix}\right\} H^2O.$$

» Il ne perd pas d'eau dans le vide et il ne commence à se déshydrater à l'étuve que vers la température de +110° à +115°. On peut avec l'oxalomolybdite de baryum obtenir également le chlorure double de molybdényle et d'ammonium : on le dissout dans l'acide chlorhydrique, la liqueur refroidie laisse déposer le chlorure de baryum, on la décante et l'on y ajoute du chlorure d'ammonium en chauffant légèrement; par refroidissement, il se forme des octaèdres vert d'herbe caractéristiques.

» Grâce à l'insolubilité de l'oxalomolybdite de baryum on peut faire l'expérience inverse, c'est-à-dire partir du chlorure double de molybdényle et d'ammonium pour le préparer. Vient-on, en effet, après avoir dissous les octaèdres verts dans de l'eau contenant de l'acide oxalique, à

---

(1) *Bulletin de la Société chimique,* juillet 1902, p. 666.

verser dans la liqueur une solution barytique, l'on obtient à nouveau un précipité d'oxalomolybdite de baryum :

$$2MoOCl^3 2AzH^4Cl + 2C^2O^4H^2 + BaCl^2 + 7H^2O$$
$$= [(CMoO)^2(OH)^6(C^2O^4)^2H^2Ba, H^2O] + 4AzH^4Cl + 8HCl.$$

» Ce sel se prête très aisément à la double décomposition, et l'on peut, en faisant réagir sur lui les différents sulfates solubles, obtenir d'autres oxalomolybdites. Je poursuis l'étude de ces composés. »

CHIMIE ANIMALE. — *Quelques remarques sur la musculamine, base dérivée des muscles*. Note de M. **S. Posternak**.

« Dans une des dernières séances de l'Académie, MM. Étard et Vila (1) ont décrit, comme étant inconnue jusque-là, une base qu'ils avaient isolée des produits d'hydrolyse des muscles de veau. Cette base, pour laquelle ils proposent le nom de *musculamine*, posséderait la composition $C^8H^{24}Az^3$ et serait *le premier exemple d'une triamine parmi les produits biologiques*.

» Je crois nécessaire de faire remarquer à ce propos que les propriétés et les nombres d'analyse de la nouvelle base ne laissent aucun doute sur son identité avec la *cadavérine* $C^5H^{14}Az^2$, découverte par M. Brieger (2) dans les muscles des cadavres et par son élève Bocklisch (3) dans la chair des poissons putréfiés. Cette même base fut retrouvée plus tard par MM. Udransky et Baumann (4) dans les urines d'un cystinurique et par MM. Winterstein et Thöny (5) dans le fromage mûr d'Emmenthal.

» D'après M. Ladenburg (6), la cadavérine présente la constitution d'une *pentaméthylènediamine*.

» Nous savons aujourd'hui, grâce aux recherches de M. Ellinger (7) que le chaînon de la molécule albuminoïde, qui donne naissance à la pentaméthylènediamine, pendant la putréfaction, est le même que celui de l'acide

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 698.
(2) *Weitere Untersuchungen über Ptomaïne*. Berlin, 1885.
(3) *Ber. d. d. chem. Gesel.*, t. XVIII, 1885, p. 1922.
(4) *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, t. XIII, 1889, p. 562.
(5) *Ibidem*, t. XXXVI, 1902, p. 28.
(6) *Ber. d. d. chem. Gesel.*, t. XIX, 1886, p. 2585.
(7) *Zeitsch. f. physiol. Ch.*, t. XXIX, 1900, p. 334.

diaminocaproïque (la *lysine* de Drechsel) qui se forme régulièrement lors de la décomposition des différentes matières albuminoïdes à l'aide des acides ou des alcalis.

» Il semble ressortir, en outre, des travaux récents de MM. Zawrow [1] et Langstein [2], que la pentaméthylènediamine remplace la lysine également dans les produits résultant de la digestion pepsique très prolongée des albuminoïdes, alors même qu'on opère dans des conditions d'asepsie parfaite.

» L'observation de MM. Étard et Vila pourrait donc devenir d'une certaine importance, s'ils réussissaient à démontrer que leur mélange des produits de décomposition des muscles de veau n'avait subi, au cours des manipulations, aucune modification microbienne profonde. Dans ce cas, nous aurions eu le premier exemple de la formation directe de la cadavérine par hydrolyse d'un albuminoïde au moyen des acides. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la variation des réserves hydrocarbonées dans la tige et la racine des plantes ligneuses.* Note de M. **Leclerc du Sablon**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Je me suis proposé d'étudier de quelle façon les sucres et les matières amylacées variaient, dans le courant de l'année, à l'intérieur des plantes ligneuses. Pour cela j'ai dosé ces substances à différentes époques de l'année dans les tiges, les racines et les feuilles de certaines espèces.

» Afin d'avoir des résultats comparables, j'ai opéré sur des plants de même âge et cultivés les uns à côté des autres dans les mêmes conditions. Tous les 40 jours environ, l'un de ces plants était arraché ; les tiges, les racines et, s'il y avait lieu, les feuilles formaient trois lots distincts qui étaient desséchés à 90°, puis réduits en poudre. Les dosages étaient effectués sur environ 3g de la matière. Les substances grasses, qui n'existent en quantité assez considérable que dans la feuille, étaient extraites par l'éther; puis les sucres étaient extraits par l'alcool à 90°, ils étaient dosés après avoir été transformés en glucose. La matière épuisée par l'éther et par l'alcool était additionnée d'eau, chauffée pendant 2 heures à 115° dans un autoclave, puis traitée par l'acide chlorhydrique étendu pour transformer les matières amylacées en glucose. Après quelques tâtonnements, j'ai reconnu que la quantité de glucose obtenue était la plus grande lorsque le liquide renfermait 10 pour 100 d'acide du com-

(1) *Zeitsch. f. physiol. Ch.*, t. XXXIII, 1901, p. 312.
(2) *Beiträge zur chem. Physiologie u. Pathologie,* t. II, 1902, p. 228.

merce et que l'ébullition était prolongée pendant 1 heure. Dans ces conditions on peut admettre que toutes les substances hydrocarbonées pouvant jouer le rôle de réserve sont transformées en glucose.

» En opérant de cette façon j'ai obtenu les résultats suivants, pour la tige et la racine du Châtaignier; je reviendrai plus tard sur la feuille :

	Sucres.		Mat. amylacées.		Total.	
	Tige.	Racine.	Tige.	Racine.	Tige.	Racine.
11 janvier......	4,0	1,9	20,7	25,3	24,7	27,2
26 février.......	4,3	4,7	20,4	21,0	24,7	25,9
28 mars........	2,7	3,3	18,8	21,4	21,5	24,7
20 mai.........	2,3	3,1	17,6	16,7	19,9	19,8
22 juin.........	2,1	3,6	18,3	18,2	20,4	21,8
27 juillet.......	2,6	3,6	18,5	20,7	21,1	24,3
12 septembre...	2,2	1,8	23,7	28,5	25,9	30,3
19 octobre......	2,2	1,6	24,2	27,5	26,4	29,1
22 novembre....	3,2	1,1	21,5	27,8	24,7	28,9
26 décembre....	3,7	1,9	19,3	25,4	23,0	27,3

» Tous les nombres contenus dans le Tableau précédent se rapportent à 100 parties de matière sèche. Ainsi, le 11 janvier, 100^g de matière sèche de la tige renfermaient 4^g de sucre. Les résultats que j'ai obtenus complètent et précisent les observations micrographiques, lesquelles ne se rapportent qu'à l'amidon solide et ne sont que qualitatives. Les réserves hydrocarbonées varient comme dans les bulbes et les tubercules; on observe un minimum au printemps, au moment où les réserves sont consommées par une végétation rapide, et un maximum en automne à la fin de la période d'assimilation. Il est à remarquer que pendant l'hiver, alors que la végétation apparente est suspendue, les réserves diminuent, soit parce qu'elles sont consommées par la plante à l'état de vie ralentie, soit parce qu'elles sont converties en substances non transformables en glucose dans les conditions de l'expérience. D'une façon générale la racine renferme plus de réserves que la tige, mais la différence, surtout sensible en automne et en hiver, devient nulle au printemps. La racine renferme le plus de sucre pendant qu'elle végète d'une façon active; c'est à peu près l'inverse pour la tige.

» Une étude semblable faite sur le Coignassier, le Poirier, le Pêcher et le Saule m'a donné des résultats comparables. Dans tous les cas la somme des hydrates de carbone transformables en glucose dans les conditions indiquées passe par un minimum au mois de mai lorsque la végétation est

la plus active, augmente jusqu'au mois d'octobre ou de novembre, passe par un maximum et diminue ensuite jusqu'au mois de mai. Les tiges et les racines des plantes ligneuses se conduisent donc à ce point de vue comme de véritables organes de réserve. »

BOTANIQUE. — *Le* Landolphia Pierrei, *espèce nouvelle du Gabon, considérée comme pouvant fournir du caoutchouc*. Note de M. **Henri Hua**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« L'exacte spécification des lianes productrices de caoutchouc, ou considérées comme telles, préoccupe à juste titre les botanistes et les industriels. Pour notre part, nous nous attachons à préciser aussi exactement que possible, sur les matériaux de l'herbier du Muséum, les identifications faites à ce sujet.

» Au cours de ces recherches nous avons reconnu au Gabon l'existence d'une espèce méconnue, qui, d'après son principal collecteur, le R. P. Klaine, missionnaire à Libreville, contribuerait à donner la caoutchouc du Gabon, concurremment avec les *Landolphia Klainii* Pierre, et *owariensis* P. de B.

» Les auteurs ont confondu à tort avec cette dernière espèce celle qui nous occupe et à laquelle nous donnerons le nom de *Landolphia Pierrei*, la dédiant à M. L. Pierre, dont l'herbier contient la majeure partie des envois du P. Klaine et qui a spécialement étudié les Landolphiées.

» Le *Landolphia Pierrei* se distingue du *L. owariensis* P. de B. par les caractères suivants :

» Feuilles plus grandes, moins régulièrement elliptiques, arrondies et parfois presque sinuées à la base, longuement acuminées au sommet; nervation plus accentuée, moins serrée, les nervures latérales étant réduites au nombre d'une dizaine de part et d'autre de la côte; dimensions moyennes de 10^{cm} à 15^{cm} de long sur 5^{cm} à 6^{cm} de large.

» Inflorescences presque sessiles au-dessus de la dernière paire de feuilles, à éléments serrés, à bractées persistantes, au lieu d'être pédonculées à bractées caduques. Il ne s'agit pas là de la différence bien connue que peuvent présenter les inflorescences de *Landolphia* chez une même espèce suivant le degré d'élongation de leur axe principal; les nombreux échantillons que nous avons eus entre les mains nous montrent la condensation de l'inflorescence comme un caractère habituel, et, d'ailleurs, la persistance des bractées est à remarquer, alors que le *L. owariensis* a toujours les bractées promptement caduques.

» Calice à sépales oblongs, moins serrés et ne présentant pas dans leur ensemble l'aspect subsphérique ou courtement ellipsoïdal caractéristique chez le *L. owariensis*.

» Corolle à tube allongé, fusiforme, dont la partie libre au-dessus du calice, finement pubescente, est deux à trois fois plus longue que les lobes étroits, alors que ceux-ci, plus larges, égalent la portion libre du tube chez le *L. owariensis*.

» Étamines à filets velus à la base, insérés au-dessus du milieu du tube, à anthères émarginées au sommet.

» Ovaire turbiné, glabre inférieurement, poilu sur son toit, qui est plus allongé en cône chez le *L. Pierrei*, plus plat chez le *L. owariensis*.

» Fruit globuleux, légèrement allongé de la base au sommet (6^{cm} de diamètre longitudinal sur 5^{cm} de diamètre transversal) : jaune foncé, noircissant par la dessiccation et prenant une teinte bleuâtre due à la fine couche cireuse blanche qui le revêt. La surface est uniformément lisse, sauf de très fines lenticelles. Le *L. owariensis*, d'après des échantillons très authentiques du Dahomey, dus à M. Le Testu, a des fruits à peu près de même taille, mais dont l'hémisphère apical est côtelé grossièrement. Nous ne saurions affirmer absolument, dans l'état de nos connaissances, si ce caractère est essentiel : il pourrait y avoir des variétés d'une même espèce à fruits lisses ou à fruits bossus.

» Graines, au nombre d'une quinzaine chez les fruits considérés, irrégulières, anguleuses, épaisses. Elles sont plus grosses que celles du *L. owariensis* ayant 15^{mm} à 20^{mm} de longueur, sur 10^{mm} à 12^{mm} de largeur, et 7^{mm} à 9^{mm} d'épaisseur, au lieu de 12^{mm} à 18^{mm} sur 7^{mm} à 9^{mm} et 4^{mm} à 5^{mm}.

» Les parties jeunes sont couvertes de poils assez longs, qui persistent longtemps, au moins sur les pétioles; néanmoins, les rameaux recueillis à l'époque de la fructification en sont ordinairement dépourvus.

» Le *Landolphia Pierrei* a été trouvé aux environs de Libreville, au mont Bouet (R. P. Klaine, n. 286! 454! in *Herb. mus.* Par.; 544! 926! 1357! 1390! 1934 *bis*! 1972! in *Herb.* L. Pierre) et dans la forêt de Sibang (Büttner, n. 497! distribué par le musée de Berlin sous le nom de *L. owariensis* P. de B.).

» La floraison est à son maximum en août; la maturation des fruits se fait en janvier-février.

» Nous n'avons pas à attirer l'attention sur les différences qui séparent notre espèce du *L. Klainii*, avec lequel, faute d'attention suffisante, on pourrait le confondre à l'état stérile. Les énormes fruits de ce dernier, l'allongement des ovaires et des stigmates suffisent, entre autres caractères, à empêcher toute confusion.

» Ces distinctions spécifiques n'intéressent pas seulement les botanistes. Tous ceux qui connaissent l'importance industrielle de la production des caoutchoucs dans nos colonies peuvent y trouver la clef de certaines divergences d'appréciation sur la valeur du produit de telle ou telle espèce. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des matières organiques sur le développement et la structure anatomique de quelques Phanérogames.* Note de M. **Jules Laurent**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« J'ai montré, dans plusieurs Communications antérieures (¹), que certaines matières organiques, glucose, saccharose, sucre interverti, constituent d'excellents aliments pour les plantes vertes; je puis étendre actuellement ces résultats, non seulement à la glycérine, mais *à l'acide humique qui, absorbé sous forme d'humate de potassium, modifie les échanges gazeux de manière à activer l'assimilation du carbone.*

» Les solutions étendues de ces diverses substances n'exercent guère d'action bien appréciable sur les caractères de la plante, mais il n'en est pas de même pour les solutions concentrées qui agissent à la fois sur la forme extérieure et sur la structure anatomique de toutes les espèces étudiées : Pois, Lentille, Maïs, Blé, Seigle.

» Afin de mettre en évidence, d'une part, les modifications provoquées par la concentration du milieu et, d'autre part, celles qui doivent être attribuées à l'action spécifique exercée par la matière organique, j'ai cultivé *Pisum sativum* sur des solutions contenant par litre, outre les sels minéraux de la liqueur Detmer, des poids de glucose et de glycérine respectivement isotoniques de 10, 15, 20, 25, 30 centièmes du poids moléculaire de AzO^3K, et, comme des expériences préliminaires m'avaient montré une certaine analogie entre les cultures sur glycérine et les résultats obtenus par Lesage avec le sel marin, j'ai employé également, en solutions isotoniques des précédentes, le chlorure de sodium et l'azotate de potassium.

» Je résume ci-dessous les conclusions auxquelles m'ont conduit ces expériences :

» 1° La plante peut s'adapter à des pressions osmotiques beaucoup plus élevées avec les substances organiques étudiées qu'avec les sels minéraux; alors que les liqueurs isotoniques de 0,15 AzO^3K (p. m.) lui sont déjà nuisibles lorsqu'il s'agit de salpêtre ou de sel marin, elle supporte très bien les solutions de glucose et de glycérine isotonique de 0,25 et même 0,30 AzO^3K (p. m.).

» 2° Comme l'avait montré Stauge (²), la croissance en longueur se trouve ralentie à mesure qu'on augmente la concentration du milieu ; mais

---

(¹) *Comptes rendus*, 29 novembre 1897, 14 novembre 1898 et 19 novembre 1900

(²) *Bot. Zeitung*, 1892.

on observe en même temps un accroissement de diamètre beaucoup plus apparent avec le chlorure de sodium et surtout la glycérine qu'avec le glucose et l'azotate de potassium.

» 3° Dans les limites de mes expériences, le poids sec des plantules croît constamment avec la concentration des solutions de glycérine; avec le glucose, il passe par un maximum, pour les solutions isotoniques, de 0,20 AzO^3K (p. m.); il est alors deux fois plus élevé que dans la liqueur Detmer seule. Les résultats sont tout différents avec les sels minéraux et même pour des concentrations comprises entre 0,05 et 0,10 AzO^3K (p. m.), le poids sec diminue constamment et d'autant plus que la pression osmotique est plus grande.

» 4° La proportion pour 100 de matière sèche augmente avec la concentration, aussi bien dans les solutions minérales que dans les solutions organiques.

» 5° Pendant la période de germination, la consommation des réserves de la graine est d'autant plus lente que la pression osmotique est plus élevée.

» 6° Van Rysselberghe (1) a montré que la cellule réagit aux concentratious élevées en augmentant son pouvoir osmotique normal; cette élévation du pouvoir osmotique se traduit par une augmentation dans la proportion des acides libres et, en général, des substances dissoutes dans le suc cellulaire. L'acidité atteint des valeurs plus élevées dans les cultures sur glucose que dans les cultures sur glycérine.

» 7° Enfin, si les solutions isotoniques de glucose et de glycérine donnent des plantes très comparables par leur mode de développement et par leurs caractères extérieurs, la pression osmotique n'intervient pas seule dans les modifications observées, mais *chaque substance exerce une action spécifique,* de nature très différente selon qu'il s'agit de substances organiques ou de sels minéraux.

» Quant aux différences dans la structure anatomique, elles portent à la fois sur le diamètre des cellules et sur la différenciation des tissus.

» Quelle que soit la substance étudiée, le diamètre des cellules croît avec la pression osmotique du milieu de culture; mais le phénomène est surtout apparent dans les solutions de glycérine où les cellules du parenchyme cortical se rapprochent progressivement de la forme sphérique, aussi bien dans la tige que dans la racine. Si l'on remarque que le nombre

---

(1) Van Rysselberghe, *Réaction osmotique des cellules végétales à la concentration du milieu.* Bruxelles, 1899.

des assises cellulaires se maintient à peu près constant pour toutes les substances expérimentées, on peut conclure que *les liqueurs concentrées ne modifient pas le mode de cloisonnement des initiales de l'écorce.*

» Les solutions de glucose et de saccharose provoquent, en général, un épaississement des membranes et une lignification plus intense ; avec le Pois et la Lentille, les fibres ligneuses sont plus nombreuses dans le bois secondaire; elles ont des parois très épaisses et leur cavité est réduite; il en est de même pour le sclérenchyme libérien de la tige et de la racine. Le glucose n'est pas seulement utilisé pour la croissance en épaisseur des membranes ; mais des réserves d'amidon s'accumulent dans la plupart des tissus et on les retrouve même dans les cultures à l'obscurité.

» Ces réserves sont plus abondantes dans les cultures sur glycérine ; par contre, la lignification est moins intense et la différenciation plus tardive ; il semble ainsi que, chez les Légumineuses tout au moins, la plus grande partie de la glycérine absorbée soit mise en réserve avant d'être utilisée.

» Il n'en est plus de même chez le Maïs, dont la racine et la tige n'accumulent d'amidon que dans leur méristème terminal, et l'utilisation de la glycérine y est immédiate; cette substance favorise l'épaississement des membranes et la lignification, déterminant une sclérose hâtive du péricycle et de tous les éléments conjonctifs qui avoisinent le bois primaire.

» Les substances organiques étudiées déterminent donc chez les végétaux des modifications de structure du même ordre que celles qui ont été observées par Dassonville ([1]) en faisant varier l'aliment minéral de la plante. »

GÉOLOGIE. — *Analogie entre les Carpathes et les Alpes.*
Note de M. **Maurice Lugeon**, présentée par M. Marcel Bertrand.

« Dans un travail récent ([2]) j'ai montré que le front nord de la chaîne des Alpes, à partir de l'Arve vers l'Est, n'était pas formé par un plissement autochtone de l'écorce terrestre, mais par les plis frontaux de grandes nappes de recouvrement venues de l'intérieur de la chaîne.

» D'autre part, M. Suess ([3]) a montré que les Carpathes débordaient

---

([1]) Ch. Dassonville, *Action des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux* (*Revue générale de Botanique*, 1898).

([2]) Lugeon, *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes, du Chablais et de la Suisse* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, 1901).

([3]) Suess, *La face de la Terre*, t. I, p. 236-248.

sur la plate-forme russe et les Sudètes. Dans les deux cas, l'avant-pays s'enfonce sous la région plissée.

» Il y a donc lieu de nous demander si de grands plis couchés superposés, dirigés vers l'extérieur de la chaîne, ont aussi contribué à la marche de la vague carpathique vers le Nord.

» A la suite d'une étude très détaillée et magistrale sur le Haut-Tatra, M. Uhlig ([1]) est arrivé, antérieurement il est vrai à l'établissement de notre théorie, à une démonstration inverse de celle que j'ai faite pour les Alpes. L'auteur conclut que les plis du Tatra, au nombre de quatre, sont dirigés *vers l'intérieur de la chaîne*, soit vers le Sud.

» Les deux anticlinaux nord forment la zone subtatrique, dont les terrains présentent des facies différents de ceux de l'anticlinal haut-tatrique et du quatrième pli constituant la haute chaîne cristalline. Le troisième pli contenant deux noyaux de gneiss et granit, M. Uhlig conclut que l'intensité du plissement a été croissante du Nord au Sud. Enfin la haute chaîne semble bordée au Sud par une grande faille qui limite les gneiss, et au delà de laquelle on trouve dans le Flysch des lambeaux épars de terrains semblables à ceux de la zone subtatrique.

» Ces plis, tournés vers le Sud, contrairement à ce que semblent exiger les démonstrations de M. Suess, contrairement à l'allure générale arquée des Carpathes, sont encore en désaccord avec l'ensemble des Alpes.

» Je propose donc aujourd'hui, pour expliquer les chaînes calcaires du Haut-Tatra, une théorie analogue à celle des Alpes.

» Cette nouvelle interprétation se base sur un certain nombre de faits péremptoires.

» L'inclinaison des couches vers le Nord n'est pas une preuve en faveur du plissement vers le Sud, puisque nous connaissions l'existence de plis plongeants. *Or, il est possible de démontrer que les trois anticlinaux de la chaîne calcaire du Tatra sont des têtes anticlinales plongeantes de grands plis couchés vers le Nord.*

» Les charnières frontales, qui devraient se fermer vers le Sud dans l'hypothèse de M. Uhlig, sont *inconnues sur le terrain*, aussi bien dans les régions supérieures que dans les parties profondes des vallées, comme par exemple le long de la Bialka et de la Jorzebica.

» Au contraire toutes les charnières conservées indiquent régulièrement des mouvements vers le Nord; ainsi les plissements au Tomanova-Pass qui laissent voir des charnières anticlinales et synclinales.

([1]) Uhlig, *Die Geologie des Tatragebirges*. Wien, 1897-1899.

» La démonstration péremptoire peut être faite par l'analyse de la coupe que montre le flanc gauche de la haute vallée de la Sucka-Woda, qui coupe la région haut-tatrique.

» Cette région présente un grand noyau anticlinal de gneiss et de granit *reposant sur des calcaires jurassiques visibles dans les pentes, et qui, avec le Permien et le Trias, contournent au Nord complètement le noyau de roches primitives par une charnière anticlinale.*

» Ainsi le petit massif granitique de Goryczkowa, de même que celui de Zamky, forment le noyau anticlinal d'un grand pli venu du Sud et constituant toute la zone haut-tatrique.

» Les petites masses granitiques et triasiques des environs de Malolaczniak doivent être considérées comme de petits *lambeaux de recouvrement.*

» Comme la région haut-tatrique est ainsi une zone sans racine et comme elle s'enfonce sous la bande subtatrique, il s'ensuit que celle-ci forme *les deux replis frontaux, plongeants, d'une deuxième nappe de recouvrement venue aussi du Sud, supérieure à la précédente.*

» Ainsi, grâce aux recherches de M. Uhlig, nous pouvons montrer que le bord nord du Tatra se comporte comme le bord nord des Alpes. Il est formé par des nappes empilées dont la plus lointaine au Nord vient de la région la plus méridionale.

» On sait que M. Uhlig a considéré la grande zone archéenne comme un quatrième anticlinal. Nous pouvons, pour la même raison que celle invoquée, nous demander s'il s'agit d'une nappe inférieure aux précédentes. Cette question ne peut pas être résolue, car la vraie nature de la ligne limite de la grande zone gneissique au Sud n'a pu, malgré les efforts de M. Uhlig, être connue. S'il y a charriage de la zone ancienne, les lambeaux mésozoïques du Sud devraient être considérés comme des débris restés en arrière du front égrené de la nappe subtatrique ; s'il y a réellement faille, ces lambeaux nous indiqueraient d'où provient cette nappe puisque les facies sont identiques. »

ÉLECTROBIOLOGIE. — *L'électrolyse des sels métalliques séjournant dans les tissus.* Note de M. **André Poëy.** (Extrait.)

« A la séance du 29 janvier 1855, M. Dumas présentait à l'Académie, en mon nom, une Note ayant trait à l'application de l'Électrochimie à l'extraction des métaux introduits et séjournant dans l'organisme, d'après les expériences faites à New-York, en 1852, en collaboration avec M. Vergnès. On se trouvait ainsi en présence d'une vraie électrolyse humaine, et l'or-

ganisme pouvait être assimilé à une solution électrolytique dans ce conducteur hétérogène, dont la capacité électrique est considérable.

» Ce fait était inexplicable tant que la théorie électrochimique de Grotthuss (1805) subsistait, basée sur la décomposition et la recomposition de proche en proche des molécules électrolysées. Il a fallu arriver au principe du transport des ions, d'après les données que je demande la permission de rappeler à l'appui.

» La première expérience de transport voltaïque au travers des diaphragmes serait due à R. Potter (1816). Elle fut formulée en lois par Wiedemann (1852), puis confirmée par Hittorff (1853-1858) et reprise de nos jours par Kuschel, Bouty, Chassy, Pavlinoff, Labatut, Leduc, Weiss, Hermann, Destot, etc.

» D'autre part, Clausius (1857) ayant assimilé les mouvements des molécules en solution aux mouvements des molécules gazeuses, l'action du courant voltaïque ne serait autre que celle d'imprimer une direction commune aux mouvements irréguliers des ions préalablement dissociés, composant l'électrolyte, ensuite à les transporter à l'anode et à la cathode, suivant les lois de Faraday (1833).

» Enfin, Svante Arrhénius (1887) formule la nouvelle théorie de l'ionisation des solutions chimiques et de la conductibilité des électrolytes, en s'appuyant sur l'analogie trouvée par M. Van t' Hoff entre les lois de la pression des gaz et les lois de la pression osmotique.

» Il résulte donc qu'un courant voltaïque, traversant le circuit humain, produit une *électrolyse interstitielle* sur tout son parcours, accompagnée d'une *action endosmotique* (Dutrochet, 1828-1873), et d'un *transport mécanique* [du Bois-Reymond (1860), Munk (1873)] des ions dissociés, dans le sens du courant, qui se déposent à la cathode, d'après les lois qui régissent l'électrolyse des solutions salines, en rapport avec leurs poids équivalents (Faraday, Bouty, Chassy).

» Mais, dès 1852, nous étions pratiquement arrivés à l'extraction des sels métalliques de l'organisme, à l'aide du dispositif suivant :

» Une baignoire en fonte émaillée, de préférence, est isolée du sol par quatre pieds en verre; elle contient de l'eau chaude étendue d'acide sulfurique pour l'extraction du plomb, et d'acide azotique pour l'extraction du mercure et autres métaux. Sur un banc pourvu d'un dossier, également isolé de la baignoire, le patient s'étend dans toute sa longueur, plongeant dans l'eau jusqu'au cou. Il tient alternativement des deux mains l'électrode positive terminée par un réophore en fer cylindrique et creux, enveloppé d'un linge maintenu humide, les bras reposant sur des supports. L'électrode négative est fixée à une large plaque située aux pieds de la baignoire, *n'ayant aucun contact direct avec le corps du patient.*

» En vertu de ce dispositif, on force le courant positif à traverser librement l'électrolyte humain dans toute la profondeur de ses tissus, lequel va se fermer sur la plaque négative où il dépose sa charge d'ions dissociés ramassés sur son parcours, pendant que les ions d'un plus grand poids coulent au fond de la baignoire.

» On peut, en moyenne, employer de 15 à 24 éléments fournissant

de 8 à 20 milliampères approximativement; car, par le fait de la méthode monopolaire et de l'état pathologique de l'intoxiqué, le potentiel électrique éprouve certaines variations de modalités, en désaccord avec les prévisions théoriques. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Appareil pour déterminer la durée des impressions lumineuses sur la rétine.* Note de M. **Maurice Dupont**, présentée par M. Bouchard.

« Au cours des recherches que j'ai entreprises au laboratoire de M. le Professeur Joffroy, à Sainte-Anne, pour l'étude du *réflexe lumineux* qui joue un rôle si important dans le diagnostic des maladies du cerveau, j'ai été amené à étudier la physiologie normale et pathologique de la rétine au point de vue de la *durée* des impressions lumineuses.

» C'est une notion classique, qu'une excitation lumineuse perçue par les centres nerveux persiste uu certain temps, et que cet ébranlement moléculaire offre une *durée,* puis s'amortit, si bien que la cellule peut de nouveau subir une nouvelle excitation vibratoire.

» Les phénomènes optiques auxquels donne lieu cette propriété des cellules nerveuses sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler ici, mais étant donnée cette particularité physiologique, il est permis de supposer que la *durée* d'une impression lumineuse doit être subordonnée à l'état d'intégrité des centres nerveux et que le *temps* peut varier en plus ou en moins suivant l'état pathologique de la cellule, si bien que des variations dans la durée d'une impression lumineuse d'une intensité donnée peuvent être interprétées comme un *signe* nouveau et rapporté à des lésions déterminées.

» La physiologie pathologique de la rétine n'ayant pas été étudiée à ce point de vue, j'ai été conduit à établir un *appareil* et une *technique* que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie pour déterminer : 1° la durée normale des impressions lumineuses sur la rétine; 2° pour rechercher les variations pathologiques qui peuvent se produire.

» Au lieu d'employer les procédés chronométriques sujets à variations, il m'a paru plus intéressant d'utiliser un agent physique, le *diapason,* pour calculer le *temps* d'une façon constante. Ce diapason remplaçant le chronomètre, des curseurs constituent le régulateur, et une graduation sur les branches indique le nombre de vibrations par rapport à la place occupée par les curseurs.

» Afin d'obtenir un nombre de vibrations excessivement faible sans exagérer la longueur des branches, j'ai augmenté progressivement la *charge* jusqu'au poids de 11^{kg}.

» 1° L'appareil se compose d'un diapason dont l'une des branches porte un écran. En arrière de l'écran se trouve une lampe électrique enfermée dans une lanterne percée d'un orifice; en avant de l'écran, un microscope pour observer le point lumineux.

» L'écran porte sur le côté un petit *prisme* coloré qui, au repos, masque le foyer. Le diapason est mis en activité par un électro-aimant. Il est gradué en deux octaves; la note la plus basse correspond à quatre vibrations, soit :

ut = 4	*sol* = 6	*ut* = 8	*sol* = 12
ré = 4,5	*la* = 6,65	*ré* = 9	*la* = 13,3
mi = 5	*si* = 7,5	*mi* = 10	*si* = 15
fa = 5,33		*fa* = 10,65	*ut* = 16

» En plaçant les deux curseurs au niveau de chaque graduation, on obtiendra le nombre indiqué de vibrations.

» Au repos l'œil aperçoit une image colorée réfractée dans le prisme; le diapason vient-il à vibrer, le prisme se déplace et démasque le foyer d'où émane une image directe non colorée. Admettons que le nombre de vibrations soit de 4, soit $\frac{1}{4}$ de seconde. Pendant la moitié de la vibration le foyer sera découvert; pendant l'autre moitié, caché. L'image directe sera aperçue pendant $\frac{1}{8}$ de seconde et l'image réfractée pendant $\frac{1}{8}$ de seconde. De plus une vibration *verticale* se produit à l'extrémité de la course. Si l'excitation de la rétine persiste un temps inférieur à $\frac{1}{8}$ de seconde il va se produire que l'image réfractée, qui est aperçue encore lorsque l'image directe apparaît, va *sauter* verticalement puis disparaître pendant le temps où l'image directe est vue. On voit ainsi les images *jongler*, et, si le mouvement se ralentit, une disparaît et l'autre reparaît : le temps qui s'écoule entre le passage de chaque image est donc supérieur au temps pendant lequel chaque image persiste sur la rétine. Mettons les curseurs sur *sol* = 12.

» L'œil aperçoit deux images simultanées et fixes, il n'y a plus de *sautillement;* lorsque la seconde image apparaît réfractée sur le prisme, la première, directe, n'a pas eu le temps de disparaître sur la rétine, qui les perçoit en même temps; les images ne *jonglent* plus; donc le temps qui s'écoule entre chaque vibration est inférieur au temps pendant lequel une impression persiste sur la rétine.

» 2° L'observation peut être faite avec l'écran seul, qui détermine des variations du côté du foyer moins faciles à apprécier que les variations obtenues avec le prisme. De même en employant l'orifice au centre de l'écran qui doit être placé dans l'axe rayon du visuel.

» 3° Un autre procédé consiste à placer sur le côté de l'écran un *contact* d'où jaillit une étincelle d'induction à chaque oscillation de l'écran. Tant que l'étincelle paraît intermittente, les curseurs indiquent que le temps écoulé entre chaque vibration est supérieur à celui de l'impression lumineuse sur la rétine. Lorsque l'étincelle paraît continue, le temps de l'impression rétinienne égale celui de la vibration. Ici il faut noter le temps d'une vibration entière, puisque l'étincelle n'apparaît qu'à chaque retour de l'écran.

» 4° La même recherche peut être faite avec les couleurs *complémentaires* disposées sur le foyer et sur l'écran.

» Enfin la projection de l'image peut être faite sur un écran avec un foyer suffisant.

» La graduation de ce diapason [1], non exempte de difficultés, a été réalisée d'une façon absolument exacte par la méthode de Lissajous au moyen d'un *comparateur* spécial. Vu le chiffre des vibrations obtenu, je ne sache pas qu'il ait été encore construit de diapason donnant un nombre aussi faible de vibrations.

» *En résumé,* j'ai entrepris, au moyen de cet appareil nouveau, une série de recherches afin de déterminer les variations normales et pathologiques que peut présenter la durée de la persistance des images sur la rétine pour les rapporter à des lésions déterminées en passant en revue successivement les rayons colorés du spectre, pour attacher à chacun d'eux un coefficient particulier. Le même procédé permet de calculer le temps minimum nécessaire pour qu'une impression lumineuse soit perçue. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Production du sommeil et de l'anesthésie générale par les courants électriques.* Note de M. **Stéphane Leduc**, présentée par M. d'Arsonval.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus,* 21 juillet 1902), nous avons indiqué comment, avec 10 à 30 volts, et des courants interrompus 150 à 200 fois par seconde, on pouvait réaliser, chez les animaux, l'inhibition des hémisphères cérébraux, et produire le sommeil et l'anesthésie générale. Le procédé avait l'inconvénient d'occasionner, pour la mise en sommeil, des contractures ou des convulsions cloniques élevant la pression sanguine, provoquant l'évacuation de la vessie et de l'intestin, et causant un arrêt momentané de la respiration.

» Ces inconvénients sont atténués par l'emploi, dans le circuit, d'un rhéostat sans self-induction, permettant, par une augmentation graduelle, d'atteindre en 3 à 5 minutes l'intensité nécessaire. Cette méthode exige la mise préalable dans le circuit d'une force électromotrice au moins égale à la force maxima à atteindre, alors que les résultats sont d'autant plus parfaits que la force électromotrice employée est moindre.

» En employant un réducteur de potentiel sans self-induction, de façon à élever régulièrement, dans 3 à 5 minutes, la force électromotrice au chiffre nécessaire, les animaux passent doucement, progressivement, sans un mouvement de défense ou de fuite, sans un cri, sans changement dans les mouvements de la respiration et du cœur, de l'état de veille à l'état de sommeil tranquille, régulier, et d'anesthésie générale absolue. Le chien fléchit d'abord la tête comme assoupi, s'assied, se couche sur le flanc,

---

[1] Cet appareil a été construit, sur mes indications, par M. Lancelot.

s'endort d'un sommeil en apparence reposant, sans avoir donné le moindre signe de protestation ou de douleur. »

PHYSIQUE. — *Reproduction en nombre illimité des phonogrammes en cire, pour musées phonographiques, par le moulage galvanoplastique. Procédé par fusion et procédé par compression et chaleur combinées.* Note de M. L. AZOULAY, présentée par M. Marey.

« Les musées phonographiques, tels que ceux de l'Académie des Sciences de Vienne et celui de la Société d'anthropologie de Paris fondé sur mon initiative, ne peuvent exister et se multiplier que si les documents originaux restent indélébiles. Par le procédé mécanique du doublage par une sorte de pantographe, le phonogramme original est tellement altéré par les copies successives qu'il n'est plus utilisable au bout de quelques centaines de copies. Dans les deux procédés que je vais décrire sommairement, le phonogramme original demeure intact; le moulage métallique que l'on en fait et les copies tirées ne l'altèrent que fort à la longue.

» Le phonogramme original (dans l'espèce, un cylindre) est moulé en cuivre rouge par la galvanoplastie. Débarrassé par fusion du cylindre enregistré qui l'a fourni, nettoyé et nickelé le cas échéant, le moule métallique, dont l'épaisseur doit atteindre 2^{mm} à 3^{mm}, est la base des opérations des deux procédés.

» Dans le procédé *par fusion,* le moule métallique est centré sur un noyau ou mandrin tronconique reposant sur sa grande base; mis à l'étuve simultanément avec la cire qui doit y être versée, laissé là jusqu'à la température de fusion de cette cire, environ 120°. Alors on y verse la matière en fusion très également et l'on juge, par la consistance croissante de la cire, du moment où il faut enlever le mandrin, car si on l'enlève pendant que la cire est encore assez malléable, le mandrin ne sort plus, retenu par la puissance de rétraction de la matière. On essuie le mandrin et on le remet, cette fois-ci, le petit bout en bas. On enferme le tout dans une enveloppe mauvaise conductrice de la chaleur et à condition d'enfoncer de temps en temps le mandrin dans le cylindre de cire, on retire après refroidissement, et le mandrin enlevé au préalable, un cylindre bien calibré reproduisant fidèlement le texte original. Il suffit de le polir sur le phonographe à l'aide d'une peau de chamois pour qu'il soit prêt à être entendu.

» *Second procédé par compression et chaleur combinées.* — Le moule métallique reçoit à l'intérieur, à basse température, un cylindre de cire, parfaitement raboté, vierge, un peu plus court et plus étroit que le moule (à cause de l'allongement de la cire sous la chaleur). On introduit ensuite, dans le cylindre de cire, un sac de caoutchouc dévulcanisé, tronconique ou cylindrique, muni d'une valve et l'on serre le tout dans un étui de forte tôle d'acier. On introduit l'appareil dans une étuve réglée inva-

riablement sur une température de 5° environ inférieure à celle du début de la désintégration de la cire (le début est à environ la moitié de la température de fusion de la cire, d'après mon expérience). On attend l'équilibre certain de la température et, à l'aide d'une pompe munie d'un manomètre, on comprime dans le sac de l'air chauffé (plutôt que froid) à une pression de 8^{atm} et au delà (en raison de l'épaisseur du moule). (La pression pourrait être mécanique ou hydraulique avec avantage, pour les disques surtout.) On attend 1 heure ou plus, et d'autant moins que la pression a été plus forte. L'appareil maintenu toujours à la même température, on ouvre la valve, on sort de l'étui le moule et le cylindre y adhérant; on y introduit, pour maintenir la cylindricité, un mandrin chauffé dans la même étuve, et on les enferme dans une enveloppe mauvaise conductrice de la chaleur jusqu'à refroidissement complet. On opère ensuite exactement comme dans le premier procédé.

» Ces deux techniques sont applicables aux phonogrammes sur disques. La *Commission des Archives phonographiques* de l'Académie des Sciences de Vienne a publié intégralement, en juillet dernier, le procédé par fusion qu'elle emploie pour ses disques. Je publie aujourd'hui le procédé pour les cylindres, car les manipulations sont de difficulté différente. Le procédé par compression et chaleur combinées est le plus facile et le plus sûr quand on dispose d'un matériel. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Production de couleurs fixes sur tous genres de cuirs, par l'emploi de sels de molybdène combinés à des matières tannantes ou à des couleurs mordantes végétales.* Note de M. **Emm. Pozzi-Escot.** (Extrait.)

« *En résumé :* L'emploi des sels de molybdène permet un nouveau procédé de tannage, identique au procédé Draeher; la laque molybdène-tannin *est soluble* et possède une très grande affinité pour le cuir et les fibres animales; elle possède par elle-même une couleur jaune foncé très agréable, que l'on peut nuancer par l'addition d'extraits de bois de teinture, avec lesquels ces molybdates donnent aussi une laque, ce qui permet d'obtenir une très grande variété de tons. »

A 5 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

M. B.